

Материалы заданий олимпиады 2018-2019 учебного года

Наименование олимпиады школьников: Многопредметная олимпиада «Юные таланты»

Предмет (комплекс предметов): **Химия**

Порядковый номер олимпиады в Перечне (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 32н от 28 августа 2018 г.): **32**

СОДЕРЖАНИЕ

Задания отборочного тура II (Заключительного) этапа олимпиады 2018/19 уч. года	2
Задания 9 класса	2
Задания 10 класса	4
Задания 11 класса	6
Критерии оценивания Заданий отборочного тура II (Заключительного) этапа олимпиады 2018/19 уч. года	8
Задания 9 класса	8
Задания 10 класса	11
Задания 11 класса	17
Задания теоретического тура II (Заключительного) этапа олимпиады 2018/19 уч. года	22
Задания 9 класса	22
Задания 10 класса	24
Задания 11 класса	28
Критерии оценивания заданий теоретического тура II (Заключительного) этапа олимпиады 2018/19 уч. года	32
Задания 9 класса	32
Задания 10 класса	37
Задания 11 класса	43
Задания экспериментального тура II (Заключительного) этапа 2018/19 уч. г	48
Задание 9 класса	48
Задание 10 класса	48
Задание 11 класса	49
Критерии оценивания заданий экспериментального тура II (Заключительного) этапа 2018/19 уч.г.	51
Решение задачи 9 класса.....	51
Решение задачи 10 класса.....	51
Решение задачи 11 класса.....	53
Задания интернет-тура I (отборочного) этапа 2018/19 уч. года.....	55
Задания 9 класса	55
Задания 10 класса	59
Задания 11 класса	62
Критерии оценивания заданий интернет-тура I (отборочного) этапа 2018/19 уч. года ...	66
Задания 9 класса	66
Задания 10 класса	67
Задания 11 класса	68

Задания отборочного тура II (Заключительного) этапа олимпиады 2018/19 уч. года

Задания 9 класса

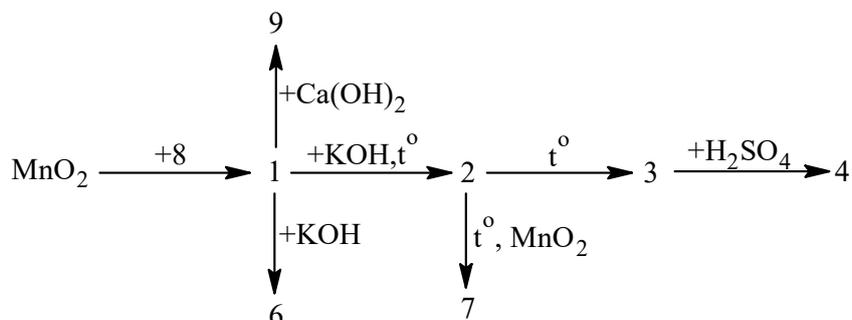
Задача №9-1

Элементы **А** и **Б**, находящиеся в одном и том же периоде и в одной и той же группе короткого варианта периодической системы, образуют друг с другом стабильное бинарное соединение **В** с массовой долей одного из элементов 25,6%. Количество протонов в ионах составляющих это вещество различается на 10, причем у **Б** их больше, чем у **А**, а количество электронов – на 13. Соединение **В** хорошо растворимо в воде, при пропускании через его раствор газообразного хлора появляется красно-бурая окраска (*реакция 1*), а при пропускании аммиака выпадает белый осадок (*реакция 2*), постепенно буреющий на воздухе с образованием вещества **Г** с массовой долей кислорода 36,36% (*реакция 3*). Если вещество **Г** прокалить на воздухе (*реакция 4*), то будет получен черный порошок **Д**, содержащий 36,78 % кислорода по массе. При добавлении вещества **Д** в расплав гидроксида калия с добавлением нитрата калия появляется изумрудно-зеленая окраска (*реакция 5*). Если же добавить порошок **Д** к бесцветному прозрачному раствору вещества **Е**, который можно купить в аптеке, то наблюдается бурная реакция (*реакция 6*) с выделением газа **Ж**, в котором вспыхивает тлеющая лучинка.

1. Определите элементы **А** и **Б**, а также формулы веществ **В–Ж**.
2. Напишите электронные формулы ионов **А** и **Б**, входящих в состав соединения **В** (в виде $1s^2 2s^2 \dots$).
3. Напишите уравнения реакций 1–6.

Задача №9-2

Простое вещество **1**, образованное элементом **Х**, впервые было получено шведским химиком Карлом Шееле в 1774 г при взаимодействии пиролюзита с кислотой **8**, которая присутствует в желудке человека (*реакция 1*). Вещество **1** в реакции с гидроксидом калия на холоду образует соединение **6** (*реакция 2*) содержащее 39,23% **Х**, а при нагревании – вещество **2** (*реакция 3*) содержащее 28,98% **Х**, которое при температуре 400°C разлагается с образованием вещества **3** и одного из продуктов реакций 2,3 – вещества **5** (*реакция 4*). Если же соединение **2** нагревать в присутствии пиролюзита, то разложение протекает при меньшей температуре с выделением простого вещества **9** (*реакция 5*). Соединение **3** в свою очередь реагирует с серной кислотой образуя одну из сильнейших кислот-окислителей **4** (*реакция 6*). Если же гидроксид калия в реакции с веществом **1** заменить на гашеную известь, то при этом получают раствор вещества **9**, используемый для дезинфекции помещений (*реакция 7*).



1. Напишите формулы веществ **1–9** и дайте тривиальные названия веществам **2** и **8**.
2. Напишите уравнения реакций 1–7.

Задача №9-3

В упаковку с 7-ми водным сульфатом железа (II) по ошибке внесли навеску 9-ти водного сульфата железа (III). Общая масса смеси составила 135,7 г. Испорченный реактив решили утилизировать, для чего смесь прокалили на воздухе при 850°C в течение 3 часов, при этом выделилось два газообразных вещества, одно из которых при охлаждении до комнатной температуры конденсируется в бесцветную жидкость, а масса остатка составила 39,0 г.

Рассчитайте массовые доли солей в полученной по ошибке смеси. Для получения более точных значений, округление при расчетах следует производить до четвертого знака после запятой.

Задача №9-4

Элемент **A** был открыт в 1817 г шведским химиком Августом Арфедсоном и назван им производным от греческого слова «камень». Простое вещество и соли этого элемента окрашивают пламя в темно-красный цвет, что может использоваться для качественного его обнаружения. Простое вещество, образованное элементом **A**, массой 3,5 г при горении в сухом воздухе образует смесь двух соединений. Гидролиз полученной смеси приводит к получению раствора вещества **B** и выделению газа **B** с резким запахом, который используется в медицине и способен вступить в реакцию с 48,0 г брома.

1. *Определите элемент **A**, а также вещества **B** и **B**.*
2. *Напишите уравнения реакций описанных в тексте.*
3. *Определите массовую долю **B** в растворе, если для гидролиза было взято 100,0 г воды.*

Задача №9-5

Защитные свойства пленки оценивают по значению скорости окисления металла, которая устанавливается при возникновении пленки, и характеру изменения этой скорости во времени. Заметными защитными свойствами могут обладать только сплошные, то есть покрывающие равномерным плотным слоем всю поверхность металла.

Возможность образования такой оксидной пленки определяется условием сплошности, сформулированным Пиллингом и Бедвордсом, и состоящее в том, что молекулярный объем оксида образующегося из металла и кислорода должен быть больше объема металла, израсходованного на образование молекулы оксида, иначе пленки оксида не хватает, чтобы покрыть сплошным слоем весь металл, она получается рыхлой и пористой. Отношение молекулярных объемов оксида и металла, называют фактором Пиллинга–Бедвордса (α), который рассчитывают по формуле:

$$\alpha = \frac{V_{\text{оксида}}}{V_{\text{металла}}} = M_{\text{ок}} \cdot \frac{\rho_{\text{Me}}}{nA_{\text{Me}}\rho_{\text{ок}}},$$

где $M_{\text{ок}}$ – молекулярная масса оксида; A_{Me} – атомная масса металла; $\rho_{\text{ок}}$ – плотность оксида; ρ_{Me} – плотность металла; n – число атомов металла в молекуле оксида.

Если α находится в интервале $2,5 > \alpha > 1$, то оксидная пленка является сплошной и обладает защитными свойствами, если $\alpha < 1$, то оксидная пленка не обладает защитными свойствами.

1. *Будут ли оксидные пленки, образующиеся на никеле (NiO) и магнии (MgO), обладать защитными свойствами? Ответ подтвердите расчетами.*
2. *Определите значение скорости коррозии магния и никеля, выраженное в мм/год, если металлы равномерно корродируют в морской воде со скоростью 1,45 г/(м²·сутки).*

При расчетах примите, что плотность никеля равна 8900 кг/м^3 , оксида никеля – 6700 кг/м^3 , магния – 1740 кг/м^3 , оксида магния – 3600 кг/м^3 , а в году 365 дней.

Задания 10 класса

Задача №10-1

Для нейтрализации 80 г 15% раствора одноосновной кислоты А, образованной элементом VII группы периодической системы Д.И. Менделеева необходимо затратить 51,4 мл раствора КОН с массовой долей 10% и плотностью 1,09 г/мл.

1. Определите формулу кислоты и дайте ее название.

2. Напишите уравнения реакций двух способов получения данной кислоты.

Кислота А не выделена в твердом виде, и даже в разбавленных растворах она медленно разлагается (реакция 1). Однако еще интересней ее химические свойства. Если кислота А не реагирует с разбавленной хлороводородной кислоты, то действие концентрированной хлороводородной кислоты приводит к выделению желто-зеленого газа (реакция 2). В реакции с водным раствором аммиака решающим фактором является температура – если на холоду протекает реакция нейтрализации (реакция 3), то при нагревании выделяется бесцветный газ – один из компонентов воздуха (реакция 4).

3. Напишите уравнения химических реакций 1–4, характеризующие свойства кислоты А

Задача №10-2

Разбирая старые реактивы, Вася нашел банку без этикетки, в которой находилось неизвестное вещество X – легколетучая жидкость со специфическим запахом. Вася взял три одинаковых навески вещества X и приступил к экспериментам. При полном сгорании первой навески вещества X (реакция 1) было получено 4,5 г воды и 5,6 л газа Y, вызывающего помутнение известковой воды (реакция 2). Вторую навеску вещества X он обработал водородом в присутствии никеля, при этом было получено 3,6 г вещества (реакция 3). К третьей навеске вещества X Вася прибавил избыток раствор брома, при этом раствор быстро обесцветился, а из реакционной смеси было выделено 9,2 г вещества (реакция 4), причем выход последней реакции составил 80%. Вещество X также присоединяло хлороводород (реакция 5), обесцвечивало водный раствор перманганата калия (реакция 6), а при действии горячего раствора KMnO_4 подкисленного серной кислотой, образовалась бутановая кислота (реакция 7).

1. Установите формулу газа Y и брутто-формулу X, ответ подтвердите расчетами.

2. Определите массу навесок вещества X, использованных в опыте.

3. Приведите структурные формулы всех возможных изомеров X, не содержащих циклы (включая геометрические изомеры), назовите каждый изомер по номенклатуре ИЮПАК.

4. Напишите уравнения реакций 1–7 на примере изомера X, описанного в задаче (образует бутановую кислоту при действии горячего раствора KMnO_4 подкисленного серной кислотой).

Задача №10-3

На смесь цинковых и железных опилок массой 2,2 г подействовали 33,3 мл раствора серной кислоты с массовой долей 20% и плотностью 1,2 г/мл. Для нейтрализации избытка кислоты потребовалось 41,7 мл раствора гидроксида калия с массовой долей 9,8% и плотностью 1,2 г/мл.

Вычислите массовые доли металлов в исходной смеси и объем газа (н.у.), выделившегося при растворении металлов.

Задача №10-4

Экспериментатор Вася решил изучить химические свойства переходного металла **A** красного цвета – одного из металлов древности. При сжигании его навески в недостатке кислорода он получил кирпично-красное вещество **B** (реакция 1), а в избытке кислорода – черное вещество **C** (реакция 2). Растворив **C** в разбавленной серной кислоте (реакция 3), он получил голубой раствор соли **D**, при добавлении к которой раствора гидроксида натрия выпал голубой осадок **E** (реакция 4). Вася отделил осадок **E** и разделил его на две части. К одной части осадка Вася добавил соляную кислоту – осадок растворился, а раствор приобрел сине-зеленую окраску вследствие образования соли **F** (реакция 5). Ко второй половине осадка он прилил раствор аммиака – осадок тоже растворился, а раствор приобрел красивую васильковую окраску, обусловленную соединением **G** (реакция 6).

Затем к раствору соли **F** Вася прибавил раствор нитрата серебра, при этом выпал осадок **H** (реакция 7), который после отделения осадка растворяется в избытке аммиака с образованием соединения **I** (реакция 8). В раствор, оставшийся после отделения осадка **H**, Вася добавил сульфид натрия – выпал черный осадок **J** (реакция 9), который ему не удалось растворить действием аммиака, и он наконец-то решил остановиться.

1. Расшифруйте вещества **A–J** в превращениях Васи.
2. Напишите уравнения реакций 1–9.

Задача №10-5

Защитные свойства пленки оценивают по значению скорости окисления металла, которая устанавливается при возникновении пленки, и характеру изменения этой скорости во времени. Заметными защитными свойствами могут обладать только сплошные, то есть покрывающие равномерным плотным слоем всю поверхность металла.

Возможность образования такой оксидной пленки определяется условием сплошности, сформулированным Пиллингом и Бедвордсом, и состоящее в том, что молекулярный объем оксида образующегося из металла и кислорода должен быть больше объема металла, израсходованного на образование молекулы оксида, иначе пленки оксида не хватает, чтобы покрыть сплошным слоем весь металл, она получается рыхлой и пористой. Отношение молекулярных объемов оксида и металла, называют фактором Пиллинга–Бедвордса (α), который рассчитывают по формуле:

$$\alpha = \frac{V_{\text{оксида}}}{V_{\text{металла}}} = M_{\text{ок}} \cdot \frac{\rho_{\text{Me}}}{nA_{\text{Me}}\rho_{\text{ок}}},$$

где $M_{\text{ок}}$ – молекулярная масса оксида; A_{Me} – атомная масса металла; $\rho_{\text{ок}}$ – плотность оксида; ρ_{Me} – плотность металла; n – число атомов металла в молекуле оксида.

Если α находится в интервале $2,5 > \alpha > 1$, то оксидная пленка является сплошной и обладает защитными свойствами, если $\alpha < 1$, то оксидная пленка не обладает защитными свойствами.

1. Будут ли оксидные пленки, образующиеся на никеле (NiO) и магнии (MgO), обладать защитными свойствами? Ответ подтвердите расчетами.
2. Определите значение скорости коррозии магния и никеля, выраженное в мм/год, если металлы равномерно корродируют в морской воде со скоростью $1,45 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сутки})$.

При расчетах примите, что плотность никеля равна $8900 \text{ кг}/\text{м}^3$, оксида никеля – $6700 \text{ кг}/\text{м}^3$, магния – $1740 \text{ кг}/\text{м}^3$, оксида магния – $3600 \text{ кг}/\text{м}^3$, а в году 365 дней.

Задания 11 класса

Задача №11-1

Элемент **X** получил своё название от имени злого духа гор немецкой мифологии, который подбрасывал искателям меди минерал похожий на медную руду. При выплавке металла из такой руды выделялись мышьяковые газы, что и привело к его дурной славе. Но при всех его недостатках минералы элемента **X** использовались для окрашивания стекол в зелёный цвет при их изготовлении.

Простое вещество, образованное элементом **X** и обладающее свойствами металла, растворяется в концентрированной серной кислоте при нагревании с образованием вещества **A** (реакция 1), раствор которого активно реагирует с растворами щелочей (реакция 2) образуя при этом обильный осадок вещества **B**, массовая доля элемента **X** в котором равна 63,4%. Если раствор, полученный после реакции 1 выпарить, то образуются кристаллы зелёного цвета, содержащие 20,996 % элемента **X**.

При действии окислителя, например газообразного хлора, на осадок **B** элемент **X** меняет свою степень окисления, но образующееся вещество **B** по-прежнему остается в осадке (реакция 3). Если же к осадку вещества **B** добавить избыток раствора аммиака, то образуется раствор синего цвета, содержащий комплексное соединение **Г** (реакция 4).

1. Определите элемент **X** и напишите формулы веществ **A–Г**.
2. Напишите уравнения химических реакций 1–4.
3. Определите формулу кристаллогидрата, образующегося при выпаривании раствора после реакции 1.

Задача №11-2

Ароматический углеводород **A** вступает в реакцию с нитрующей смесью при температуре 45°C, при этом образуется смесь изомерных мононитропроизводных с выходом 67,1%. Соотношение масс продуктов в смеси равно 14,75 : 9,25 : 1. Молярная масса продуктов реакции в 1,45 раза больше молярной массы исходного вещества. Зная, что ароматическое соединение, имеющее плотность 0,867 г/мл, взято в объеме 15,8 мл установите:

1. Структуру углеводорода **A**.
2. Напишите уравнение указанной реакции, приведите ее механизм. Назовите продукты реакции.
3. Рассчитайте массовые доли изомеров в полученной смеси.
4. Какой из изомеров получается в большем количестве, а какой- в меньшем? При ответе учтите, что аналогичная реакция хлорбензола дает соответствующие изомеры в молярном соотношении 3:7:0, а ацеталинида – 1:19:0. Обоснуйте ответ с учетом электронных эффектов и пространственного строения молекул.

Задача №11-3

Юный химик Вася решил проанализировать сплав цинка и алюминия, для чего он взял образец массой 4,57 г и добавил к нему 43,75 мл 70% раствора азотной кислоты (плотность 1,44 г/мл). Сплав полностью растворился, и выделился бурый газ объемом 7,28 л (н.у.). Затем Вася добавил в полученный раствор 35 г гидрокарбоната натрия.

1. Запишите уравнения реакций, протекающих при растворении сплава в азотной кислоте.
2. Рассчитайте массовые доли металлов в сплаве.

3. Запишите уравнения реакций, протекающих при добавлении гидрокарбоната натрия, и рассчитайте объем выделившегося газа (н.у.).
4. Рассчитайте массу осадка в растворе после всех экспериментов, проведенных Васей. Учтите, что в условиях эксперимента выпадения основных солей и кристаллогидратов не происходило.

Задача №11-4

Экспериментатор Вася решил изучить химические свойства переходного металла **A** красного цвета – одного из металлов древности. При сжигании его навески в недостатке кислорода он получил кирпично-красное вещество **B** (реакция 1), а в избытке кислорода – черное вещество **C** (реакция 2). Растворив **C** в разбавленной серной кислоте (реакция 3), он получил голубой раствор соли **D**, при добавлении к которой раствора гидроксида натрия выпал голубой осадок **E** (реакция 4). Вася отделил осадок **E** и разделил его на две части. К одной части осадка Вася добавил соляную кислоту – осадок растворился, а раствор приобрел сине-зеленую окраску вследствие образования соли **F** (реакция 5). Ко второй половине осадка он прилил раствор аммиака – осадок тоже растворился, а раствор приобрел красивую васильковую окраску, обусловленную соединением **G** (реакция 6).

Затем к раствору соли **F** Вася прибавил раствор нитрата серебра, при этом выпал осадок **H** (реакция 7), который после отделения осадка растворяется в избытке аммиака с образованием соединения **I** (реакция 8). В раствор, оставшийся после отделения осадка **H**, Вася добавил сульфид натрия – выпал черный осадок **J** (реакция 9), который ему не удалось растворить действием аммиака, и он наконец-то решил остановиться.

1. Расшифруйте вещества **A–J** в превращениях Васи.
2. Напишите уравнения реакций 1–9.

Задача №11-5

Одним из способов получения ацетальдегида в промышленности является каталитическое окисление этанала кислородом воздуха:



1. Какие катализаторы могут использоваться в данной реакции?
2. Приведите уравнения реакций для двух иных способов получения ацетальдегида, которые Вы знаете.

В модельном реакторе постоянного объема созданы начальные концентрации этилена и кислорода 0,1 и 0,3 моль/л. Равновесие при постоянной температуре, наступило, когда давление в реакторе упало на 5%.

3. Рассчитайте константу равновесия.
4. Каким образом можно увеличить выход ацетальдегида, изменяя давление, температуру, концентрации кислорода и ацетальдегида в реакторе?

**Критерии оценивания Заданий отборочного тура
II (Заключительного) этапа олимпиады 2018/19 уч. года**

Задания 9 класса

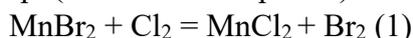
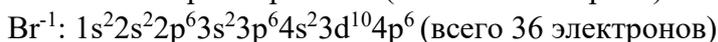
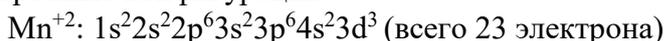
Представлен один из возможных вариантов решения заданий

Задача №9-1

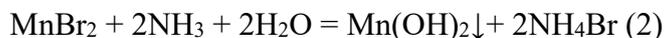
Поскольку элементы находятся в одном и том же периоде и в одной и той же группе периодической системы, наиболее вероятно, что один из них находится в главной подгруппе, а другой – в побочной, т. е. является *d*-металлом. Степени окисления можно подобрать по разнице в 13 для количества электронов. Неметалл скорее всего – галоген (хорошая растворимость В), в степени окисления -1. Разница в электронах на 13 говорит о том металл имеет степень окисления +2. Судя по свойствам, это марганец (**А = Mn**), и вещество представляет собой бромид марганца (**Б = Br**). К такому же ответу можно было бы прийти, подбирая пары элементов по разности количества протонов (35-25=10), или догадаться по описанным далее цветным реакциям (выделение бурого вещества при пропускании хлора, образование зеленой окраски в реакции 5).

В итоге имеем формулу вещества **В = MnBr₂**, которую можно было также вывести по массовой доле. А в нашем рассуждении можно провести проверку: Действительно, массовая доля марганца в MnBr₂ равна 55 / 215 ≈ 0,256 = 25,6%.

Электронные конфигурации:



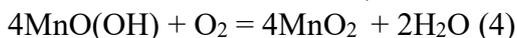
При действии избытка аммиака на соли марганца (II) выпадает в осадок гидроксида марганца:



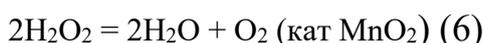
При окислении гидроксида марганца (II) на воздухе по данным разных авторов образуются гидроксиды марганца (III) или (IV) переменного состава (MnOOH, MnO(OH)₂, Mn₂O₃·nH₂O, MnO₂·nH₂O, Mn₂O₃, MnO₂). Массовой доле кислорода 36,36% отвечает MnOOH (Г):



При прокаливании гидроксидов образуются оксиды, при этом в данном случае это могут быть Mn₂O₃, MnO₂ и Mn₃O₄. Формулу оксида выводим (или подбираем) по массовой доле кислорода. Под данные задачи подходит оксид MnO₂ (вещество Д):



По описанию, Е – пероксид водорода (H₂O₂), который каталитически разлагается при контакте с оксидом марганца:



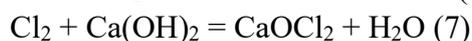
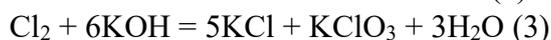
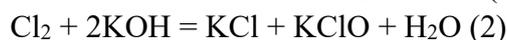
А – Mn	В – MnBr ₂	Д – MnO ₂	Ж – O ₂
Б – Br	Г – MnOOH	Е – H ₂ O ₂	

Разбалловка

Определение элементов А и Б	2x1 б. = 2 б.
Определение веществ В–Ж	5x0,5 б. = 2,5 б.
Электронные формулы элементов А и Б	2x 0,5 б. = 1 б.
Уравнения реакций (1), (2), (6)	3x0,5 б. = 1,5 б.
Уравнения реакций (3), (4), (5)	3x1 б. = 3 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-2

Элемент X – хлор.



1 – Cl ₂	4 – HClO ₄	7 – O ₂
2 – KClO ₃	5 – KCl	8 – HCl
3 – KClO ₄	6 – KClO	9 – CaOCl ₂

Тривиальные названия: 2 – бертолетова соль

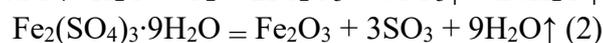
8 – соляная кислота

Разбалловка

Определение элемента X	1 б.
Формулы веществ 1–9	10 x 0,5 б. = 4,5 б.
Тривиальные названия веществ 2 и 8	2 x 0,5 б. = 1 б.
Написание уравнений (1)–(7)	7 x 0,5 б. = 3,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-3

Разложение солей идёт по уравнениям:



Из уравнений следует:

из 2 моль FeSO₄·7H₂O образуется 1 моль Fe₂O₃,

из 1 моль Fe₂(SO₄)₃·9H₂O образуется 1 моль Fe₂O₃

Зная молярные исходных солей и продукта разложения составим систему уравнений:

M(FeSO₄·7H₂O) = 278 г/моль, M(Fe₂(SO₄)₃·9H₂O) = 562 г/моль, M(Fe₂O₃) = 160 г/моль

(1) массы сульфатов железа (II) и (III) в исходной смеси

$$x + y = 135,7 \text{ г}$$

(2) свяжем массы солей с массой образовавшегося Fe₂O₃:

$$\frac{160}{2 \cdot 278} x + \frac{160}{562} y = 39$$

$$0,2878x + 0,285y = 39.$$

$$y = 135,7 - x,$$

$$0,2878x + 0,2847(135,7 - x) = 39.$$

$$0,2878x - 0,2847x = 39 - 38,634,$$

$$0,0031x = 0,36621$$

$$x = 0,36621/0,0031 = 118,132$$

$$y = 17,568$$

Рассчитаем массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{118,132}{135,7} \cdot 100 = 87,054 \%,$$

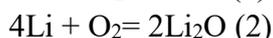
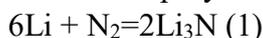
$$\omega(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = \frac{17,568}{135,7} \cdot 100 = 12,946 \%.$$

Разбалловка

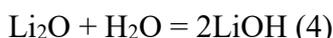
Написание уравнений (1) – (2)	2x 1 б. = 2 б.
Составление системы уравнений для расчета масс солей	2 б.
Решение системы уравнений	4 б.
Расчет массовых долей исходных солей	2 x 1 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-4

Элемент **А** – это литий, что можно понять из его названия и окраски пламени его соединениями. При горении на воздухе литий образует нитрид и оксид:



Полученные соединения активно взаимодействуют с водой с образованием гидроксида лития (**Б**), а в случае гидролиза нитрида лития выделяется аммиак (**В**):



Взаимодействие аммиака с бромом приводит к получению бромид азота (**III**):



$$n(\text{Br}_2) = 48,0 / 160,0 = 0,3 \text{ моль};$$

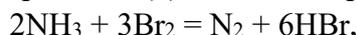
по уравнению (5) $n(\text{NH}_3) = 0,1$ моль, тогда по уравнению (3) $n(\text{Li}_3\text{N}) = 0,1$ моль, соответственно образование нитрида по уравнению (1) затрачено:

$$n_1(\text{Li}) = 0,3 \text{ моль}$$

тогда на образование оксида:

$$n_2(\text{Li}) = 3,5/7,0 - 0,3 = 0,2 \text{ моль}$$

Другим возможным направлением реакции (5) является образование азота и бромоводорода:



однако, если бы реакция шла по этому пути нам бы потребовалось 0,2 моль аммиака и соответственно 0,6 моль лития на образование нитрида, поэтому в данном случае верным является уравнение с образованием бромид азота (**III**).

Рассчитаем массовую долю гидроксида лития в растворе. В соответствии с уравнениями (1) – (4) $n(\text{LiOH}) = n(\text{Li}) = 0,5$ моль, поэтому $m(\text{LiOH}) = 12,0$ г.

В процессе гидролиза выделился аммиак в количестве 0,1 моль или 1,7 г

Масса раствора будет складываться из масс воды, оксида и нитрида лития за вычетом массы выделившегося аммиака:

$$m(\text{р-ра}) = 100 + 0,1 \cdot 35 + 0,1 \cdot 30 - 1,7 = 108,2 \text{ г}$$

$$\omega(\text{LiOH}) = 12,0 / 108,2 = 0,111 \text{ (11,1\%)}$$

Разбалловка

Определение веществ А – В	3x1 б. = 3 б.
Написание уравнений (1) – (5)	5x1 б. = 5 б.
Расчет массовой доли гидроксида лития в растворе	2 б.

Задача №9-5

Рассчитаем фактор Пиллинга–Бэдвордса для оксида никеля и магния.

Для NiO:

$$A_{Me} = 59 \text{ г/моль}, M_{ок} = 59 + 16 = 75 \text{ г/моль}, n = 1$$

$$\rho_{Me} = 8,9 \text{ г/см}^3, \rho_{ок} = 6,7 \text{ г/см}^3$$

$$\alpha = \frac{75 \cdot 8,9}{1 \cdot 59 \cdot 6,7} = 1,7$$

α лежит в интервале $2,5 > \alpha > 1$, то есть оксидная пленка является сплошной и обладает защитными свойствами.

Для MgO:

$$A_{Me} = 24 \text{ г/моль}, M_{ок} = 24 + 16 = 40 \text{ г/моль}, n = 1$$

$$\rho_{Me} = 1,74 \text{ г/см}^3, \rho_{ок} = 3,6 \text{ г/см}^3$$

$$\alpha = \frac{40 \cdot 1,74}{1 \cdot 24 \cdot 3,6} = 0,81$$

α не лежит в интервале $2,5 > \alpha > 1$, т.е. оксидная пленка не получается сплошной и не обладает защитными свойствами.

Рассчитаем скорость коррозии для никеля, для чего скорость коррозии в $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сутки})$ разделим на плотность никеля $\text{г}/\text{м}^3$:

$$v_k(\text{Ni}) = \frac{1,45}{8,9 \cdot 10^6} \frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}} \frac{\text{м}^3}{\text{г}} = 1,63 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{сутки}}$$

Примем, что $1\text{м}=1000 \text{ мм}$, $1 \text{ сутки}=1/365 \text{ дней в году} = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ года}$, тогда

$$v_k(\text{Ni}) = \frac{1,63 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}{2,74 \cdot 10^{-3}} = 5,95 \cdot 10^{-2} \text{ мм/год.}$$

Аналогично для магния, скорость коррозии в $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сутки})$ разделим на плотность магния $\text{г}/\text{м}^3$:

$$v_k(\text{Mg}) = \frac{1,45}{1,74 \cdot 10^6} \frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}} \frac{\text{м}^3}{\text{г}} = 8,33 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{сутки}}$$

$$v_k(\text{Mg}) = \frac{8,33 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}{2,74 \cdot 10^{-3}} = 30,40 \cdot 10^{-2} \text{ мм/год.}$$

Разбалловка

Расчет α и вывод о защитных свойствах пленки для MgO и NiO	2x2 б. = 4 б.
Расчет скорости коррозии магния и никеля	2x3 б. = 6 б.
ИТОГО	10 б.

Задания 10 класса

Представлен один из возможных вариантов решения заданий

Задача №10-1

Определим массу кислоты, содержащейся в 80 г раствора.

$$m(\text{кислоты}) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100\%} = 12(\text{г}).$$

Определим количество вещества KOH:

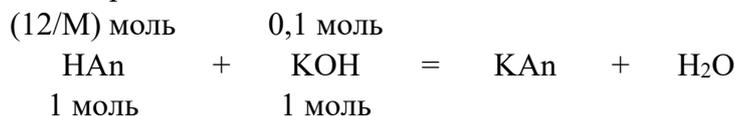
$$m(\text{р-ра KOH}) = \rho_{\text{р-ра}} \cdot V_{\text{р-ра}} = 1,09 \text{ г / мл} \cdot 51,4 \text{ мл} = 56,0 \text{ г};$$

$$m(\text{KOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{p-ра})}{100\%} = 5,6(\text{г}) .$$

$$\frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})} = 0,1(\text{моль})$$

$$v(\text{KOH}) =$$

Определим молярную массу кислоты, учитывая ее основность и уравнение реакции взаимодействия с гидроксидом калия:



Исходя из стехиометрии взаимодействия между указанными веществами, запишем соотношение:

$$\frac{12}{M} = 0,1; \quad \text{откуда } M = 120 \text{ г/моль.}$$

Определим формулу кислоты, учитывая ее молярную массу и место кислотообразующего элемента в периодической системе. Проверим вначале возможность принадлежности кислоты к бескислородным кислотам. Будем иметь в виду, что бескислородные кислоты образуют только атомы типичных неметаллов, находящихся в главных подгруппах. Общая формула кислоты, образованной неметаллом VII группы, **HЭ**, откуда следует:

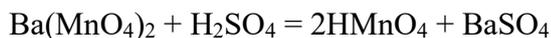
$$M_r(\text{Э}) = 120 - 1 = 119 \text{ г/моль}$$

Ни один из атомов галогенов не имеет такой молекулярной массы. Следовательно, определяемая кислота может быть только кислородсодержащей. Представим формулу кислоты в общем виде: **HЭO_n**. Варьируя значения коэффициента n, будем рассчитывать по молекулярной массе кислоты молекулярные массы элементов. Подходящими значениями будут те, которые наиболее близки к молекулярным массам элементов VII группы периодической системы. Заметим, что кислородсодержащие кислоты могут быть образованы и атомами переходных металлов в высокой степени окисления. Результаты расчета приведены в таблице:

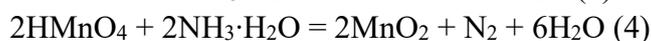
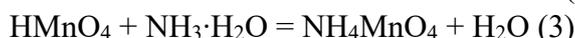
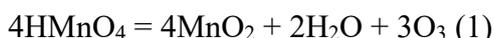
n	1	2	3	4	5	6	7
M _r (Э)	103	87	71	55	39	23	7

Видно, что только в случае, когда в состав кислоты входят четыре атома кислорода, наблюдается хорошее соответствие с атомной массой элемента Mn. Формула кислоты HMnO₄ – марганцевая кислота.

Способы получения марганцевой кислоты:



Уравнения химических реакций, характеризующих химические свойства марганцевой кислоты:



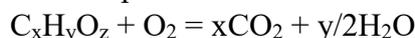
Разбалловка

Определение формулы кислоты А, подтвержденное расчетами без подтверждения расчетами – 0,5 б.	4 б.
---	------

Написание уравнений реакций, отвечающих двум способам получения марганцевой кислоты	2x1 б. = 2 б.
Написание уравнений (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

Газ Y – CO₂, следовательно, в банке скорее всего находится органическое вещество:



Найдем соотношение углерода и водорода:

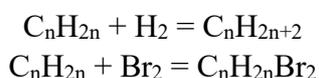
$$n(CO_2) = 5,6/22,4 = 0,25 \text{ моль, то } n(C) = 0,25 \text{ моль}$$

$$n(H_2O) = 4,5/18 = 0,25 \text{ моль, то } n(H) = 0,25*2 = 0,5 \text{ моль}$$

$$x : y = 1:2$$

Химические свойства X (обесцвечивание бромной воды и перманганата, гидрирование, присоединение HCl) позволяют предположить, что неизвестное вещество X – алкен C_nH_{2n} (или содержит хотя бы одну двойную связь)

Тогда реакции 3 и 4 будут иметь вид:



По условию, n(C_nH_{2n+2}) = n(C_nH_{2n}Br₂)

$$n(C_nH_{2n+2}) = 3,6/(14n+2)$$

С учетом выхода дибромида m(C_nH_{2n}Br₂) = 9,2/0,8 = 11,5 г

$$n(C_nH_{2n}Br_2) = 11,5/(14n+160)$$

Тогда получим уравнение

$$3,6/(14n+2) = 11,5/(14n+160)$$

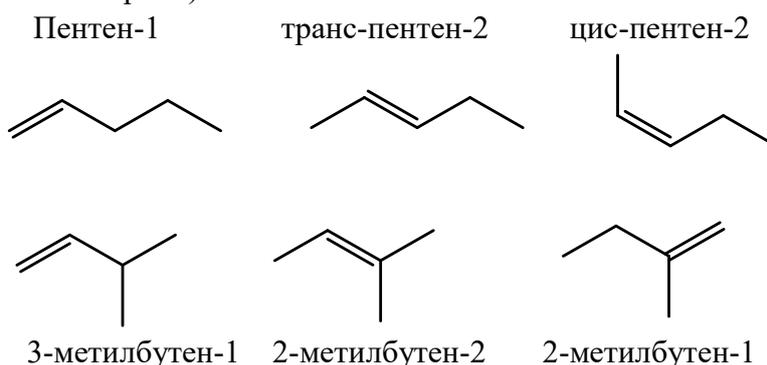
$$n = 5,$$

Тогда, формула вещества X = C₅H₁₀ (отсутствие кислорода можно проверить).

Количество этого алкена n(C₅H₁₀) = 0,25/5 = 0,05 моль

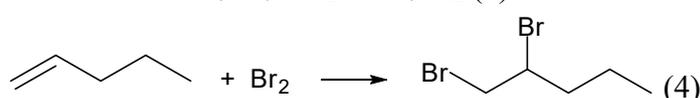
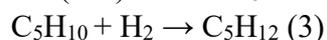
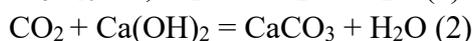
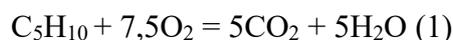
Масса алкена (каждой навески) m(C₅H₁₀) = 0,05*70 = 3,5 г

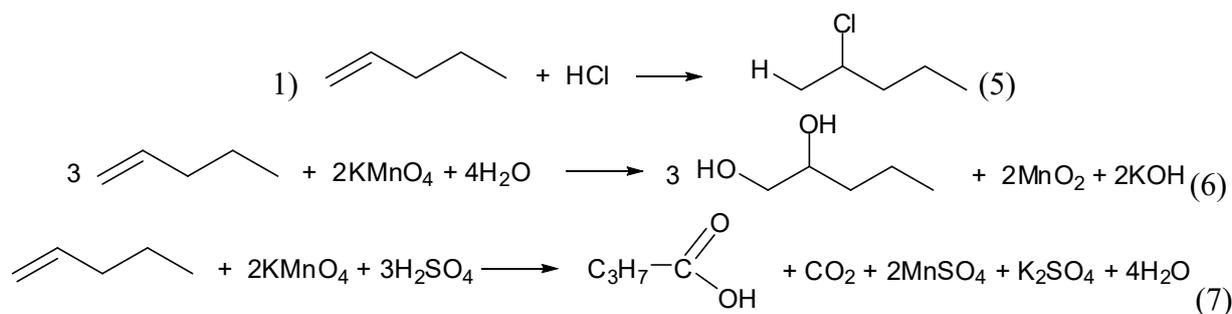
Для алкена формулы C₅H₁₀ существует 6 изомеров (5 обычных изомеров, кроме того, пентен-2 обладает цис-транс изомерией):



Так как при окислении X образуется бутановая кислота, то X – это пентен-1

Уравнения реакций:





Разбалловка

Вывод брутто-формулы вещества X	2 б.
Указание газа Y	0,5 б.
Определение истинной формулы X	1 б.
Написание изомеров X	6x0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (7)	7x0,5 б. = 3,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-3

Рассчитаем массу серной кислоты (m), содержащейся в 33,3 мл раствора:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{\omega \cdot m(\text{p} - \text{ра})}{100\%} = \frac{20\% \cdot 33,3 \cdot 1,2}{100\%} = 8 \text{ г.}$$

Рассчитаем массу гидроксида калия, содержащегося в 41,7 мл раствора:

$$m(\text{KOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{p} - \text{ра})}{100\%} = \frac{9,8\% \cdot 41,7 \cdot 1,2}{100\%} = 4,9 \text{ г.}$$

Определим массу избытка серной кислоты (m_1), учитывая уравнение реакции нейтрализации:

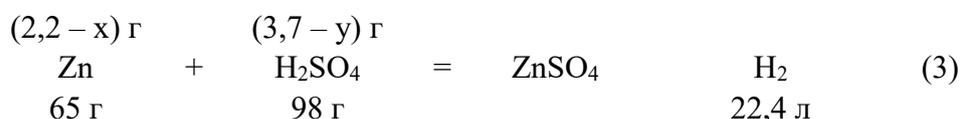
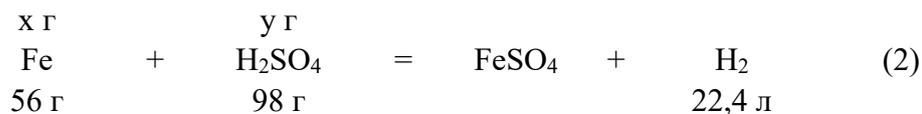


$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{98 \cdot 4,9}{112} = 4,3 \text{ г.}$$

Масса серной кислоты (m_2), прореагировавшая с металлами, равна:

$$m_2 = m - m_1 = 8 - 4,3 = 3,7 \text{ г.}$$

Воспользуемся алгебраическим способом решения. Пусть x г – масса железа, тогда $(2,2 - x)$ г – масса цинка. Пусть y г – масса серной кислоты, вступившей во взаимодействие с железом, тогда $(3,7 - y)$ г – масса кислоты, вступившей во взаимодействие с цинком. Учитывая уравнения взаимодействия металлов с серной кислотой, определим массы металлов в исходной смеси:



$$\begin{cases} 98 \cdot x = 56 \cdot y \\ (2,2 - x) \cdot 98 = 65 \cdot (3,7 - y); \end{cases}$$

$$x = 1,6 \text{ г}; y = 2,8 \text{ г}.$$

Масса железа 1,6 г, масса цинка 0,6 г.

$$\frac{1,6}{2,2} \cdot 100\% = 72,7\%.$$

Массовая доля железа равна

Массовая доля цинка $100\% - 72,7\% = 27,3\%$.

Рассчитаем объем водорода, выделившегося в реакциях (2, 3):

$$V_1 = \frac{22,4 \text{ л} \cdot 1,6 \text{ г}}{56 \text{ г}} = 0,64 \text{ л}, \quad V_2 = \frac{22,4 \text{ л} \cdot 0,6 \text{ г}}{65 \text{ г}} = 0,21 \text{ л}.$$

Суммарный объем водорода равен:

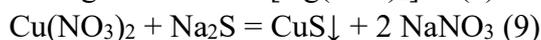
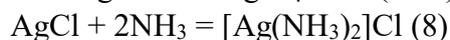
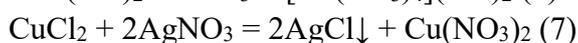
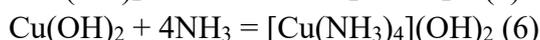
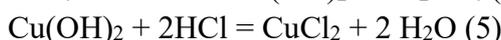
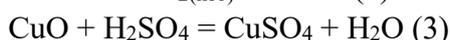
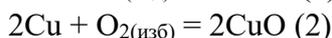
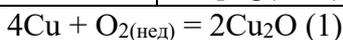
$$V = V_1 + V_2 = 0,85 \text{ л}.$$

Разбалловка

Написание уравнений (1)–(3)	3x1 б. = 3 б.
Расчет массы серной кислоты, вступившей в реакцию	2 б.
Расчет массовых долей цинка и железа в смеси	3 б.
Расчет объема водорода	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-4

A – Cu	D – CuSO ₄	G – [Cu(NH ₃) ₄](OH) ₂	J – CuS
B – Cu ₂ O	E – Cu(OH) ₂	H – AgCl	
C – CuO	F – CuCl ₂	I – [Ag(NH ₃) ₂](OH)	



Разбалловка

Определение вещества А	1 б.
Определение веществ В–J	9x0,5 б. = 4,5 б.
Написание уравнений реакций (1)–(9)	9x0,5 б. = 4,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5

Рассчитаем фактор Пиллинга–Бэдвордса для оксида никеля и магния.

Для NiO:

$$A_{\text{Me}} = 59 \text{ г/моль}, M_{\text{ок}} = 59 + 16 = 75 \text{ г/моль}, n = 1$$

$$\rho_{\text{Me}} = 8,9 \text{ г/см}^3, \rho_{\text{ок}} = 6,7 \text{ г/см}^3$$

$$\alpha = \frac{75 \cdot 8,9}{1 \cdot 59 \cdot 6,7} = 1,7$$

α лежит в интервале $2,5 > \alpha > 1$, то есть оксидная пленка является сплошной и обладает защитными свойствами.

Для MgO:

$A_{Me} = 24$ г/моль, $M_{ок} = 24 + 16 = 40$ г/моль, $n = 1$

$\rho_{Me} = 1,74$ г/см³, $\rho_{ок} = 3,6$ г/см³

$$\alpha = \frac{40 \cdot 1,74}{1 \cdot 24 \cdot 3,6} = 0,81$$

α не лежит в интервале $2,5 > \alpha > 1$, т.е. оксидная пленка не получается сплошной и не обладает защитными свойствами.

Рассчитаем скорость коррозии для никеля, для чего скорость коррозии в г/(м²·сутки) разделим на плотность никеля г/м³:

$$v_k(Ni) = \frac{1,45}{8,9 \cdot 10^6} \frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}} \frac{\text{м}^3}{\text{г}} = 1,63 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{сутки}}$$

Примем, что 1м=1000 мм, 1 сутки=1/365 дней в году = $2,74 \cdot 10^{-3}$ года, тогда

$$v_k(Ni) = \frac{1,63 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}{2,74 \cdot 10^{-3}} = 5,95 \cdot 10^{-2} \text{ мм/год.}$$

Аналогично для магния, скорость коррозии в г/(м²·сутки) разделим на плотность магния г/м³:

$$v_k(Mg) = \frac{1,45}{1,74 \cdot 10^6} \frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}} \frac{\text{м}^3}{\text{г}} = 8,33 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{сутки}}$$

$$v_k(Mg) = \frac{8,33 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}{2,74 \cdot 10^{-3}} = 30,40 \cdot 10^{-2} \text{ мм/год.}$$

Разбалловка

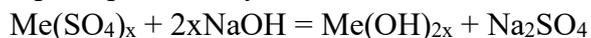
Расчет α и вывод о защитных свойствах пленки для MgO и NiO	2x2 б. = 4 б.
Расчет скорости коррозии магния и никеля	2x3 б. = 6 б.
ИТОГО	10 б.

Задания 11 класса

Представлен один из возможных вариантов решения заданий

Задача №11-1

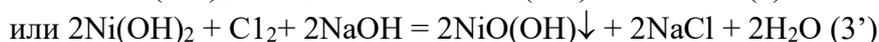
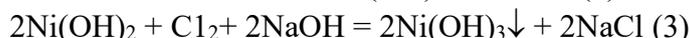
В общем виде уравнение первой реакции будет выглядеть так:



$$\text{OH} : \text{Me} = 0,366 : 0,634$$

$$\frac{34x}{0,366} = \frac{M}{0,634}$$

Если металл двухвалентный, то $x = 1$ и $M = 58,9$ г/моль, металл, подходящий под описание – никель (X). Учитывая, что в прошлом руда этого элемента применялась в стекловарении для окраски стёкол в зелёный цвет, а растворы никеля обладают зеленой окраской, можно предположить, что данный элемент – никель.



А – NiSO ₄	В – NiO(OH) или Ni(OH) ₃
Б – Ni(OH) ₂	Г – [Ni(NH ₃) ₆](OH) ₂

Общая формула кристаллогидрата NiSO₄·xH₂O.

$$M(\text{NiSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 155 + 18x$$

$$\text{Тогда } \omega = \frac{Ar(\text{Ni})}{M(\text{NiSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O})} * 100\% = 20,996\%$$

$$\frac{59}{155 + 18x} = 0,20996$$

$$x = 7$$

Следовательно, формула кристаллогидрата – NiSO₄·7H₂O

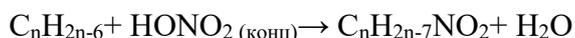
Разбалловка

Определение элемента X (без подтверждения расчетом –0,5 б.)*	2 б.
Написание формул веществ А–Г	4 x 0,5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций 1–4	4 x 1 б. = 4 б.
Установление формулы кристаллогидрата	2 б.
ИТОГО	10 б.

* определение молярной массы металла без указания на никель (или указание в качестве элемента X кобальта) оценивать в 2 балла. Остальную часть задачи, в случае принятия X – Co оценивать в 0 баллов

Задача №11-2

Общая формула гомологического ряда аренов C_nH_{2n-6}. Уравнение реакции нитрования в общем виде можно представить так:



Найдем молярные массы исходного вещества и продуктов нитрования:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n-6}) = (14n - 6) \text{ г/моль}$$

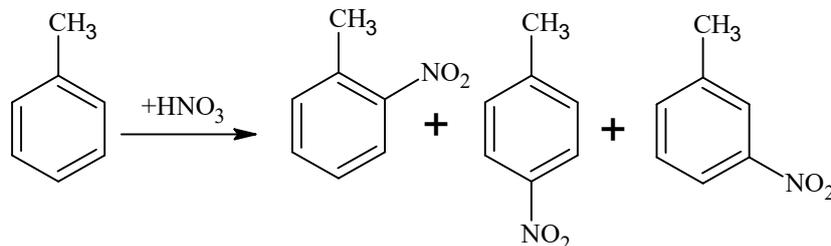
$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{NO}_2) = (14n + 39) \text{ г/моль}$$

По условию реакции $M(\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{NO}_2) = 1,49M(\text{C}_n\text{H}_{2n-6})$

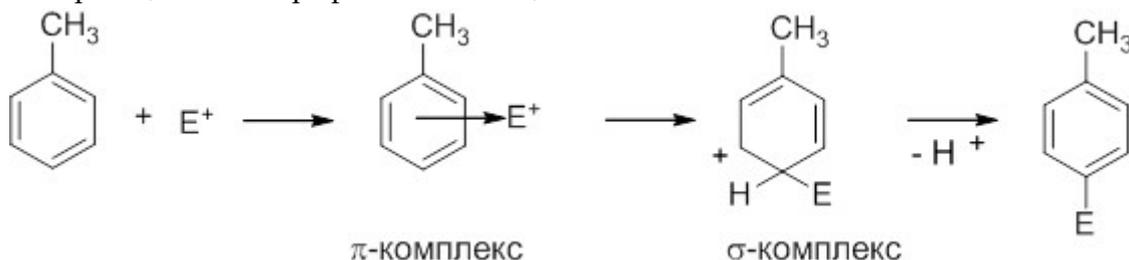
$$14n + 39 = 1,49(14n - 6),$$

$$n = 7, \text{ A} - \text{ это толуол.}$$

В результате нитрования возможно образование трех моонитропроизводных: орто, мета и пара-нитротолуолы:



Механизм реакции – электрофильное замещение:



Найдем массовые доли продуктов нитрования:

$$\omega(1) = 14,75 / (14,75 + 9,25 + 1) = 0,59 \text{ или } 59\%$$

$$\omega(2) = 9,25 / (14,75 + 9,25 + 1) = 0,37 \text{ или } 37\%$$

$$\omega(3) = 1 - 0,59 - 0,37 = 0,04 \text{ или } 4\%$$

Найдем соответствие между структурой продукта и его содержанием в смеси.

Известно, что метильный радикал – заместитель 1-го рода. Он повышает электронную плотность в бензольном кольце, особенно на углеродных атомах в орто- и пара- положениях, что благоприятствуют взаимодействию с электрофильными реагентами именно этих атомов. В то же время из условия задачи известно, что при нитровании хлорбензола и ацетанилида изомер (3) не образуется вообще. Следовательно, это – м-изомер.

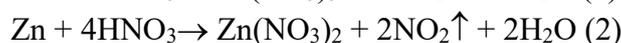
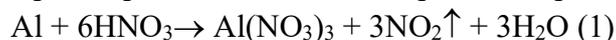
При переходе от заместителей $-\text{CH}_3$ и $-\text{Cl}$ к более сложному и объемному $-\text{NHCOCH}_3$ следует ожидать уменьшения содержания в реакционной смеси о-изомера, так как более массивные заместители затрудняют подход новой частицы в о-положение. Следовательно, о-изомер – это изомер(1) и его массовая доля 59%.

Разбалловка

Определение вещества А, подтвержденное расчетом	2 б.
Написание уравнения реакции (1)	0,5 б.
Название изомеров моонитропроизводных	3x0,5 б. = 1,5 б.
Механизм реакции (1)	1 б.
Расчет массовых долей продуктов реакции	3x1 б. = 3 б.
Объяснение массового отношения изомеров в смеси	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-3

При растворении сплава в растворе азотной кислоты протекают реакции:



Рассчитаем массовые доли компонентов в сплаве:

$$v(\text{NO}_2) = 7,28 / 22,4 = 0,325 \text{ моль.}$$

Пусть в реакцию вступило x моль Al и y моль Zn, тогда

$$v(\text{NO}_2) = 3x + 2y = 0,325 \text{ моль.}$$

Выразим массу сплава:

$$m(\text{сплава}) = m(\text{Al}) + m(\text{Zn}) = 27x + 65y = 4,57 \text{ г.}$$

Составим систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 3x + 2y = 0,325, \\ 27x + 65y = 4,57, \end{cases}$$

Решением системы уравнений являются $x = 0,085$, $y = 0,035$. Следовательно, сплав содержит 0,085 моль Al и 0,035 моль Zn.

Массы металлов в сплаве:

$$m(\text{Al}) = 27 \cdot 0,085 = 2,295 \text{ г}$$

$$m(\text{Zn}) = 65 \cdot 0,035 = 2,275 \text{ г}$$

Массовые доли металлов в сплаве:

$$w(\text{Al}) = 2,295 / 4,57 = 0,5022 \text{ (50,22\%);}$$

$$w(\text{Zn}) = 2,275 / 4,57 = 0,4978 \text{ (49,78\%).}$$

Определим вся ли кислота вступила в реакцию, либо остался ее избыток:

$$m(\text{р-ра HNO}_3) = V \cdot \rho = 43,75 \cdot 1,44 = 63 \text{ г;}$$

$$m(\text{HNO}_3) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega(\text{HNO}_3) = 63 \cdot 0,7 = 44,1 \text{ г;}$$

$$n(\text{HNO}_3) = 44,1 / 63 = 0,7 \text{ моль}$$

Из этого количества азотной кислоты израсходовано:

$$n(\text{HNO}_3) = 6 \cdot 0,085 + 4 \cdot 0,035 = 0,65 \text{ моль}$$

Следовательно, осталось: $n_1(\text{HNO}_3) = 0,7 - 0,65 = 0,05$ моль.

При добавлении к раствору гидрокарбоната натрия протекают реакции:



В результате всех этих реакций выделяется CO_2 , его количество:

$$n(\text{CO}_2) = n_1(\text{HNO}_3) + 3n(\text{Al}) + n(\text{Zn}) = 0,05 + 3 \cdot 0,085 + 0,035 = 0,34 \text{ моль.}$$

Объем выделившегося диоксида углерода составляет

$$V(\text{CO}_2) = 0,34 \cdot 22,4 = 7,616 \text{ л.}$$

Масса осадка, образовавшегося в результате реакции с гидрокарбонатом:

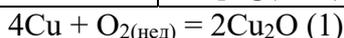
$$m = m(\text{Al}(\text{OH})_3) + m(\text{ZnCO}_3) = 0,085 \cdot 78 + 0,035 \cdot 125 = 11,005 \text{ г}$$

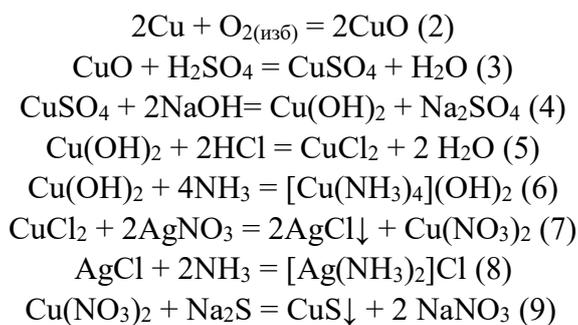
Разбалловка

Написание уравнений реакций (1)–(2)	2x0,5 б. = 1 б.
Написание уравнений реакций (3)–(5)	3x1 б. = 3 б.
Расчет массовых долей цинка и алюминия в сплаве	2 б.
Расчет объема выделившегося углекислого газа	3 б.
Расчет массы образовавшегося осадка	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-4

A – Cu	D – CuSO ₄	G – [Cu(NH ₃) ₄](OH) ₂	J – CuS
B – Cu ₂ O	E – Cu(OH) ₂	H – AgCl	
C – CuO	F – CuCl ₂	I – [Ag(NH ₃) ₂](OH)	



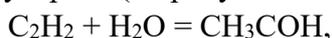


Разбалловка

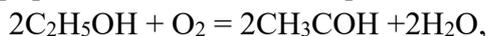
Определение вещества А	1 б.
Определение веществ В–J	9x0,5 б. = 4,5 б.
Написание уравнений реакций (1)–(9)	9x0,5 б. = 4,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-5

Катализаторами процесса Вакера, описывающегося представленной в задаче реакцией является смесь хлоридов палладия (II) и меди (II). Альтернативными путями синтеза ацетальдегида являются реакция Кучерова (в присутствии солей ртути):



а также окисление или дегидрирование этилового спирта:



Представим уравнение Менделеева-Клапейрона в следующем виде

$$PV = nRT/V;$$

$$\text{так как } n/V = c, \text{ то } P = cRT=$$

Для начальных условий:

$$P_0 = (0,1 + 0,3) RT = 0,4RT$$

После установления равновесия в смеси находится этаналь, этилен и кислород.

Пусть прореагировало x (моль/л) этилена, тогда кислорода прореагировало в два раза меньше, т.е. $0,5x$ (моль/л) и образовалось x (моль/л) этанала.

Следовательно, в равновесной смеси содержится $(0,1-x)$ (моль/л) этилена, $(0,3-0,5x)$ (моль/л) кислорода, x (моль/л) этанала. Тогда,

$$P_{\text{равн.}} = (0,1-x+0,3-0,5x+x)RT = (0,4-0,5x)RT$$

Составляем пропорцию:

$$\begin{aligned} 0,4 RT &= 100\% \\ (0,4-0,5x)RT &= 95\% \end{aligned}$$

Решая это уравнение, находим, что $x=0,04$.

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COH}]^2}{[\text{C}_2\text{H}_4]^2[\text{O}_2]} = \frac{0,04^2}{0,06^2 \cdot 0,28} = 1,59$$

Чтобы увеличить выход ацетальдегида необходимо создать условия для смещения химического равновесия вправо, а именно:

- увеличить давление, так как она идет с уменьшением объема
- уменьшить температуру, так как вероятнее всего указанная реакция является экзотермической (реакция окисления)
- увеличить концентрацию исходного вещества – кислорода
- уменьшить концентрацию продукта реакции – ацетальдегида.

Разбалловка

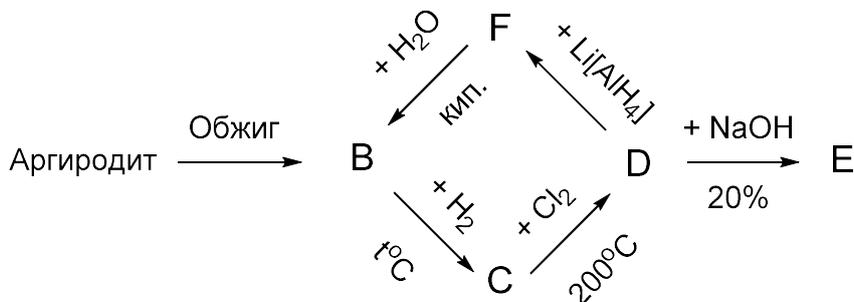
Указание катализатора, который может использоваться	1 б.
Уравнения двух реакций – способов получения ацетальдегида	2x2 б. = 4 б.
Расчет константы равновесия	3 б.
Ответ на вопрос об увеличении выхода ацетилена	4x0,5 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.

Задания теоретического тура II (Заключительного) этапа олимпиады 2018/19 уч. года

Задания 9 класса

Задача №9-1

Д.И. Менделеев в своих трудах не только расположил известные элементы в порядке их атомных весов и свойств, но и смог предсказать свойства некоторых неизвестных элементов. Один из таких элементов – металл **С**. Спустя 16 лет этот металл был открыт немецким химиком К. Винклером и выделен в чистом виде из минерала аргиродита.



1. Напишите уравнения реакций приведенных в схеме. Известно, что из 1,85 мл вещества **D** ($\rho=1,879$ г/мл) образуется 1,7 г вещества **B**.
2. Определите формулу аргиродита, в составе которого содержится серебро ($\omega=76,53\%$), а образующийся при обжиге газ способен обесцвечивать раствор перманганата калия (напишите эту реакцию).
3. Вспомните и напишите название металла **С**, которое дал ему Д.И. Менделеев.

Задача №9-2

Кроме хорошо известной всем воды состава H_2O , существуют и другие «воды»: хлорная, бромная, сероводородная. Есть и совсем таинственные названия, которые вам предстоит разгадать.

1. Приготовим «лабарракову воду». Для этого растворим каустическую соду в воде и пропустим через раствор газ (реакция 1), полученный при взаимодействии «черной магнезии с муриевой кислотой» (К. Шееле, 1774 г) (реакция²). Используют ее для отбеливания тканей, которое основано на окислении загрязняющих веществ кислотой, которая образуется при действии углекислого газа, всегда растворенного в воде, на «лабарракову воду» (реакция 3)

2. Если газ, полученный Шееле, пропустить в раствор «каустического поташа», то получается «жавелевая вода» (реакция 4), которую используют для тех же целей.

3. «Фагеденическая вода» – это фармацевтический препарат, который готовят, смешивая известковую воду с раствором сулемы (реакция 5). После смешивания образуется взвесь тонкодисперсного желтого оксида, разложением которого в 1774 году ученый Джозеф Пристли получил простое вещество «рождающее кислоты» (реакция 6).

4. «Свинцовая вода», или свинцовая примочка – это 2%-й водный раствор соли свинца, содержащей 73,14 мас. % свинца, 8,47 мас. % углерода и 16,96 мас. % кислорода. Поскольку такой раствор обладает высокой теплоемкостью, он оказывает охлаждающее действие и предотвращает образование кровоподтеков при ушибах, поэтому иногда используется в качестве меры первой помощи.

1. Составьте уравнения всех упомянутых реакций.

2. Бромная вода используется в органическом синтезе для качественного обнаружения некоторых органических веществ. Приведите 2 уравнения качественного обнаружения веществ разных классов.

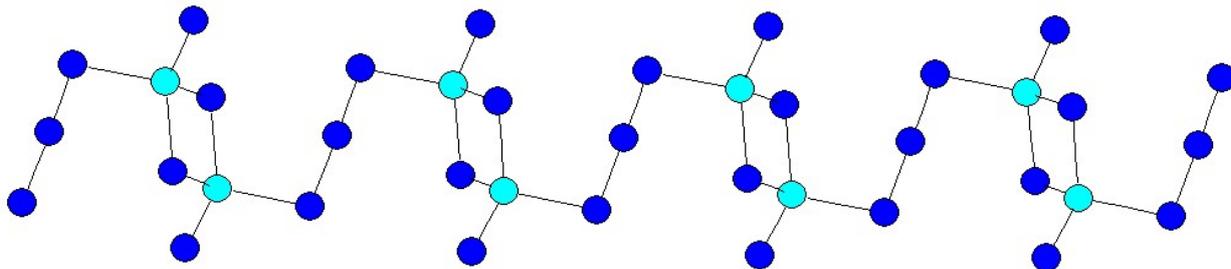
3. Что такое «тяжелая вода»? Как ее можно получить и для чего ее используют химики?

4. Определите, какую соль используют для получения «свинцовой воды» и объясните, почему применять свинцовую примочку не следует, если на коже образовались ссадины и порезы.

Задача №9-3

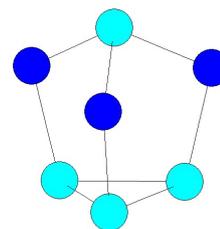
Один из сульфидов элемента **X** имеет цепочечное строение (см. рисунок, сера – темные кружки) и содержит 4 простейшие формульные единицы в одной элементарной ячейке, имеющей объем 886.62 \AA^3 . Плотность этого сульфида составляет 2.1456 г/см^3 .

1. Определите простейшую формулу сульфида и элемент **X**.



При взаимодействии с серой простого вещества **X** образуются сульфиды X_4S_{10} , X_4S_9 , X_4S_7 , X_4S_6 , X_4S_5 , X_4S_4 и X_4S_3 . Все сульфиды при нагревании превращаются в X_4S_3 , строение молекулы которого приведено на рисунке ниже.

Строение молекулы X_4S_{10} аналогично X_4O_{10} . Во всех сульфидах сера присутствует только в виде сульфид-анионов, состав молекулы совпадает с формулой, а структура молекулы построена на основе «тетраэдра» из атомов **X** (как и в X_4S_{10} и X_4S_3).



2. Приведите графические формулы сульфидов X_4S_9 , X_4S_7 , X_4S_6 , X_4S_5 и X_4S_4 используя следующую информацию:

X_4S_9 – связи **X–X** отсутствуют;

X_4S_7 – одна связь **X–X**, **X** в двух разных степенях окисления;

X_4S_6 – одна связь **X–X**, **X** в трех разных степенях окисления, в том числе в высшей;

X_4S_5 – две связи **X–X**, **X** в четырех разных степенях окисления;

X_4S_4 – две связи **X–X**, **X** в одной степени окисления.

Высший сульфид X_4S_{10} полностью гидролизуется в воде (реакция 1), окисляется горячей азотной кислотой (реакция 2), взаимодействует с растворами щелочей с образованием тиооксолей, содержащих **X** в составе тетраэдрического аниона (реакция 3), взаимодействует с высшим хлоридом **X** (реакция 4), а также с аммиаком (реакция 5).

3. Напишите уравнения упомянутых химических реакций.

Задача №9-4

Однажды Петя нашел в лаборатории старую банку без этикетки, на которой остался только значок «взрывоопасно!». Он принял все меры предосторожности и приступил к исследованию содержимого. В банке находился белый порошок (вещество **A**), плохо растворимый в холодной воде, окрашивающий пламя в фиолетовый цвет и действительно взрывающийся от удара. В состав **A** входит три химических элемента, среди которых – хлор ($\omega = 29\%$). При нагревании 2,45 г вещества **A** (реакция 1) было получено 672 мл (н.у.) газа **B**, поддерживающего горение, и остался белый кристаллический порошок (вещество **B**). При

добавлении к веществу **В** горячей концентрированной серной кислоты (*реакция 2*) выделялся газ **Г** с резким запахом, а при сильном нагревании полученного в реакции 2 твердого остатка выделялись пары концентрированной серной кислоты (*реакция 3*). Электролиз водного раствора **В** привел к выделению на аноде ядовитого желто-зеленого газа **Д** (*реакция 4*). Серную кислоту для проведения реакции Петя получил при растворении простого желтого вещества **Е** в концентрированной азотной кислоте (*реакция 5*). Нагревание **Е** с веществом **А** приводит к взрыву (*реакция б*).

1. Установите формулы веществ **А–Е**, а формулу вещества **А** подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения химических реакций 1–6.
3. Вычислите массу вещества **Е**, необходимого для взаимодействия с 2,45 г вещества **А** (*реакция б*), а также объем газа, образующегося при этом (200°C, 1 атм).

Задача №9-5

Источником энергии или восстановителем в твердом ракетном топливе являются порошки металлов или углерода. В термодинамике тепловой эффект (энтальпия) экзотермического процесса, в том числе и реакции горения, считается отрицательным, так как энергия уходит из системы. Оцените представленные в таблице значения стандартной энтальпии образования оксидов, и, на основании расчетов, постройте ряд простых веществ по убыванию их эффективности как горючего.

Приведите соображения по поводу того, какой восстановитель является наиболее вероятным компонентом твердотопливных составов.

Другим компонентом твердого ракетного топлива является окислитель. В этом качестве предложено использовать перхлораты аммония, лития и калия, нитраты аммония и калия или динитрамид аммония $\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2$.

Оксид	$\Delta H_{f,298}^\circ$, кДж/моль
CO_2	-393
Li_2O	-599
BeO	-607
MgO	-601
Fe_2O_3	-824
Al_2O_3	-1675
Ti_2O_3	-1521

Выберите из перечисленных солей наиболее эффективный окислитель, полагая, что эффективность тем выше, чем большая масса сгорающего восстановителя и большее количество продуктов горения приходится на единицу массы этого окислителя. Все продукты, включая соли и оксиды металлов, считать газообразными. Для подтверждения своего выбора представьте уравнения реакций окисления углерода предложенными солями и расчеты, основанные на этих уравнениях.

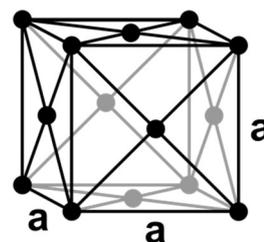
Задания 10 класса

Задача №10-1

В центральную лабораторию Следственного Комитета поступила партия поддельных ювелирных украшений, имеющих характерный желтый цвет, на которых была поставлена отметка «Золото 585 пробы» (такой сплав должен содержать 58,5% золота по массе).

Для анализа было взято одно из изделий. Вначале его растворили в разбавленной серной кислоте, при этом выделилось 336 мл (н.у.) газа **Х** (*реакция 1*) и образовался бесцветный раствор, содержащий только одну соль.

Добавление к этому раствору гидроксида натрия привело сначала к выпадению аморфного белого осадка (*реакция 2*), который легко растворился в избытке щелочи (*реакция 3*). При прокаливании аморфного осадка было получено 510 мг твердого остатка (*реакция 4*).



Известно, что металл, входящий в состав осадка, имеет гранецентрированную кубическую решетку с параметром $a = 0,405$ нм (см. рисунок) и плотность $2,7$ г/см³.

Остаток окрашивания, не растворившийся в разбавленной серной кислоте, поместили в концентрированную серную кислоту и нагрели, при этом выделилось 112 мл (н.у.) резко пахнущего газа **Y** (*реакция 5*), который в 32 раза тяжелее **X** и образовался окрашенный раствор, также содержащий только одну соль. Добавление к полученному раствору избытка гидроксида натрия привело к выпадению голубого аморфного осадка (*реакция 6*), который легко разлагался при нагревании с образованием черного остатка массой 400 мг (*реакция 7*).

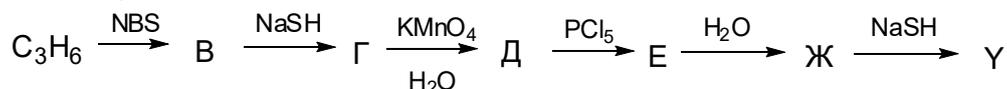
Оставшийся после действия разбавленной и концентрированной серной кислоты остаток, растворили в смеси азотной и соляной кислот (*реакция 8*). При осторожном упаривании под вакуумом полученного раствора было получено 439,19 мг твердого вещества **Z** в виде желто-оранжевых кристаллов, содержащих 34,47% хлора по массе. При более сильном нагревании **Z** был получен металлический порошок массой 210 мг (*реакция 9*).

1. Установите вещества **X**, **Y** и **Z**. Ответ подтвердите расчетом
2. Напишите уравнения реакций 1–9.
3. Определите количественный состав сплава (массовые доли в %) и массу ювелирного изделия, взятого для анализа.

Задача №10-2

Растворимые соединения тяжелого металла **X** являются очень токсичными, например, соединение **A**, которое можно получить при растворении **X** в горячей концентрированной азотной кислоте. Одной из важнейших биогенных форм **X** является органическое производное **B**, которое часто находят в мясе рыб и других морских животных. Массовые доли **X** в веществах **A** и **B** равны, соответственно, 61,85 и 87,01%.

Одним из наиболее известных антидотов при отравлении соединениями **X** является унитиол – органическое соединение, натриевая соль кислоты **Y**, которую можно получить из пропилена по следующей схеме:



где NBS – N-бромсукцинимид.

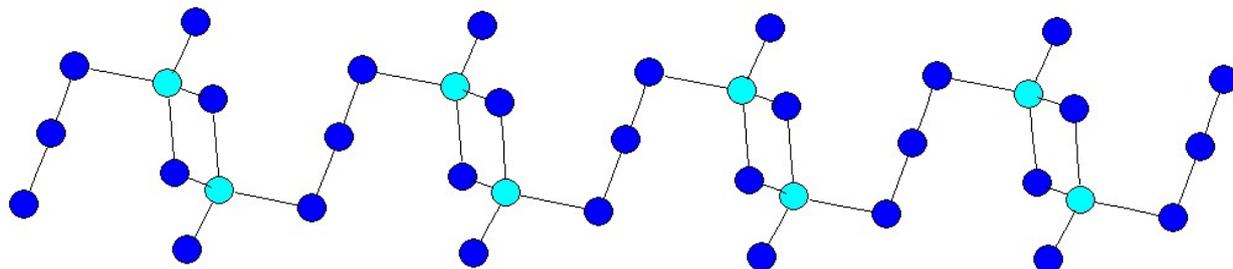
При сжигании 18,8 г кислоты **Y** образуется 7,2 г воды и выделяется эквимольная смесь углекислого и сернистого газов, при пропускании которой через баритовую воду образовался осадок массой 124,2 г.

1. Установите металл **X**, соединения **A** и **B**. Напишите уравнение реакции взаимодействия **X** с концентрированной азотной кислотой.
2. Установите брутто-формулу кислоты **Y**. Ответ подтвердите необходимыми расчетами и уравнениями реакций с баритовой водой.
3. Приведите структурные формулы веществ **B–Ж** и кислоты **Y**.
4. Приведите уравнение реакции взаимодействия **Y** и **A**, используя структурные формулы органических веществ.

Задача №10-3

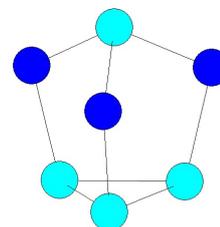
Один из сульфидов элемента **X** имеет цепочечное строение (см. рисунок, сера – темные кружки) и содержит 4 простейшие формульные единицы в одной элементарной ячейке, имеющей объем 886.62 \AA^3 . Плотность этого сульфида составляет 2.1456 г/см^3 .

1. Определите простейшую формулу сульфида и элемент **X**.



При взаимодействии с серой простого вещества **X** образуются сульфиды X_4S_{10} , X_4S_9 , X_4S_7 , X_4S_6 , X_4S_5 , X_4S_4 и X_4S_3 . Все сульфиды при нагревании превращаются в X_4S_3 , строение молекулы которого приведено на рисунке ниже.

Строение молекулы X_4S_{10} аналогично X_4O_{10} . Во всех сульфидах сера присутствует только в виде сульфид-анионов, состав молекулы совпадает с формулой, а структура молекулы построена на основе “тетраэдра” из атомов **X** (как и в X_4S_{10} и X_4S_3).



2. Приведите графические формулы сульфидов X_4S_9 , X_4S_7 , X_4S_6 , X_4S_5 и X_4S_4 используя следующую информацию:

X_4S_9 – связи X –Хотсутствуют;

X_4S_7 – одна связь X – X , X в двух разных степенях окисления;

X_4S_6 – одна связь X – X , X в трех разных степенях окисления, в том числе в высшей;

X_4S_5 – две связи X – X , X в четырех разных степенях окисления;

X_4S_4 – две связи X – X , X в одной степени окисления.

Высший сульфид X_4S_{10} полностью гидролизуеться в воде (реакция 1), окисляется горячей азотной кислотой (реакция 2), взаимодействует с растворами щелочей с образованием тиооксосолей, содержащих **X** в составе тетраэдрического аниона (реакция 3), взаимодействует с высшим хлоридом **X** (реакция 4), а также с аммиаком (реакция 5).

3. Напишите уравнения упомянутых химических реакций.

Задача №10-4

Лаборант Вася нашел в лаборатории банку без этикетки, в которой был красивый красно-оранжевый порошок вещества **X**. Вася решил установить его состав, для чего взял пять пробирок и поместил в каждую из них по одному шпателю **X**. В пробирку №1 он добавил немного дистиллированной воды, в четыре другие пробирки – концентрированные кислоты: соляную (пробирка №2), серную (пробирка №3), азотную (пробирка №4) и уксусную (пробирка №5), после чего он нагрел содержимое всех пробирок. В первой пробирке никаких изменений не произошло, порошок не растворился. В пробирке №2 начал выделяться желто-зеленый газ **A** (реакция 1), в пробирке №3 – бесцветный газ **B** (реакция 2), который оказался в 2,22 раза легче газа **A**. В пробирках №4 (реакция 3) и №5 (реакция 4) никаких газов не выделялось. После окончания реакций в пробирках №2 и №5 были получены прозрачные растворы, в пробирке №3 выпал белый осадок вещества **B**, а в пробирке №4 – черный (темно-коричневый) осадок **Г**.

Вася отфильтровал осадок Г и прокалил его (реакция 5), при этом он превратился в исходный порошок Х с потерей массы 4,46%. Раствор в пробирке №2 он разбавил водой – выпал белый осадок, который при нагревании вновь растворился. В пробирку №3 Вася добавил избыток концентрированного раствора гидроксида натрия – после нагревания осадок В полностью растворился (реакция 6)! Далее Вася пропустил через эту пробирку углекислый газ – выпал белый осадок Д (реакция 7), который после отделения и прокаливания в инертной атмосфере (реакция 8) превратился в красное вещество Е. При длительном прокаливании на воздухе (реакция 9) Е превратилось в исходный порошок Х.

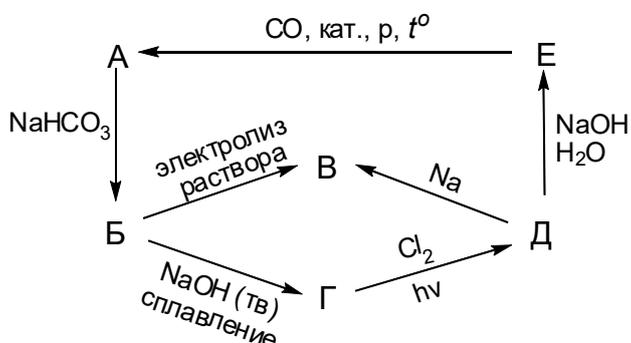
1. Определите вещества Х и А–Е, если о известно, что вещество Х является бинарным с массовой долей одного из элементов 9,343%.
2. Напишите уравнения реакций 1–9.
3. Какое тривиальное название имеет вещество Х? Назовите возможные области его применения.
4. Почему при разбавлении содержимого пробирки №2 водой выпал осадок, но при нагревании он исчез? Если нужно, приведите уравнения реакций.

Задача №10-5

На кухне была найдена банка без этикетки, в которой находилась бесцветная жидкость с резким запахом, представляющая собой водный раствор вещества А. К 10 г раствора добавили избыток пищевой соды, при этом наблюдалось характерное шипение (реакция 1), выделилось 336 мл бесцветного газа (при н.у.) и образовался бесцветный раствор, при кристаллизации которого можно получить вещество Б, содержащее 16,91 мас.% натрия, 17,65 мас.% углерода и 6,62 мас.% водорода.

При осторожном нагревании 680 мг вещества Б до 150°C (реакция 2) образуется 410 мг твердого остатка. При электролизе водного раствора Б (реакция 3) на аноде выделялся газ В, а при сплавлении Б с твердым гидроксидом натрия (реакция 4) выделился газ Г, который в 1,875 раз легче, чем В. При фотохимическом хлорировании газа Г (реакция 5) может быть получено монохлорпроизводное Д, которое в реакции с натрием (реакция 6) приводит к газу В. Обработка Д водным раствором щелочи (реакция 7) приводит к веществу Е. Каталитическое карбонилирование вещества Е в газовой фазе при 200°C (реакция 8, обратимая) является основным современным промышленным способом получения вещества А.

Основные описанные превращения приведены на схеме:



Дополнительно известно, что константы равновесия реакции 8, выраженные через количества веществ (моль) при 200°C и 430°C равны, соответственно, 318850 и 10. Данные константы связаны с изменением стандартной энергии Гиббса выражением: $\Delta G^\circ = -RT \ln K$.

1. Установите формулы веществ А–Е, ответы подтвердите расчетами.
2. Напишите уравнения реакций 1–8.

3. Вычислите массовую долю *A* в растворе, найденном на кухне.
4. Для реакции 8 рассчитайте равновесный состав реакционной смеси при 430°C в мольных процентах и степень превращения вещества *E* (%), если исходные вещества были взяты в мольном соотношении 1:1.
5. Для реакции 8 рассчитайте изменение энтальпии (кДж/моль), считая, что она не зависит от температуры.

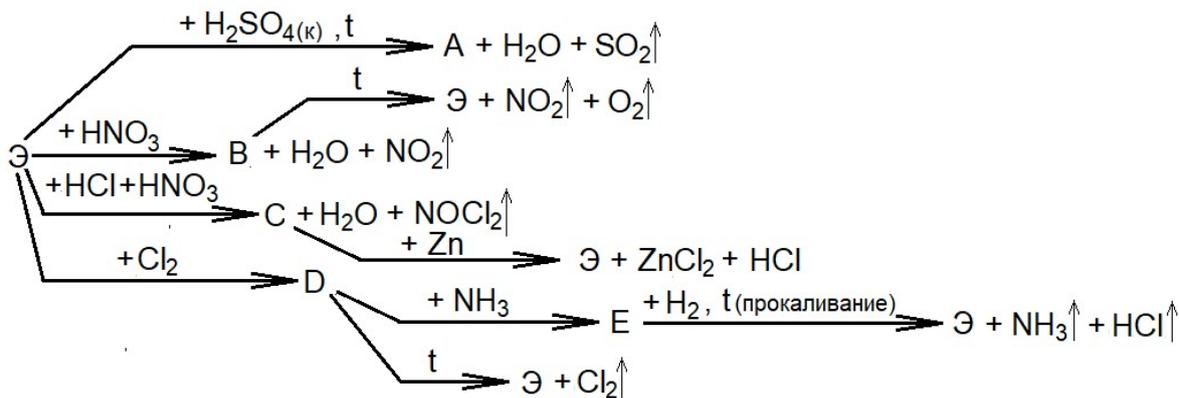
Задания 11 класса

Задача №11-1

Уильям Хайд Волластон (1766–1828), открывший этот элемент, был не только выдающимся английским химиком, но и любителем астрономии. В записях его исследований новый металл впервые упоминается в июле 1802 г. И ученый называет его церерий, в честь открытой в 1801 г итальянским астрономом Джузеппе Пиацци малой планеты Цереры. Однако уже в апреле 1803 года Волластон даёт металлу новое название в честь открытого в 1802 г немцем Генрихом Ольберсом астероида.

Этот пластичный металл серебристо-белого цвета, напоминающий серебро, в 1803 году так и называли "новое серебро", также довольно трудно отличить от самородной платины, но он значительно легче и мягче ее. Он является одним из самых редких металлов, его массовая доля в земной коре $1 \cdot 10^{-6}$ %, что всего лишь в два раза больше содержания золота. Крайне редко он встречается и в самородном виде, при этом может содержать примеси других металлов: платины, золота, серебра и иридия. Довольно часто сам является примесью в самородном золоте или платине. Его молярный объем 8,854 см³/моль, а плотность – 12,02 г/см³. Металл способен активно поглощать водород, который удаляется из металла при нагревании в вакууме выше 100°C. В промышленности он используется для производства катализаторов, мембран глубокой очистки водорода, ювелирных сплавов, контактов электротехнических изделий.

Основные химические свойства описанного металла можно представить схемой:

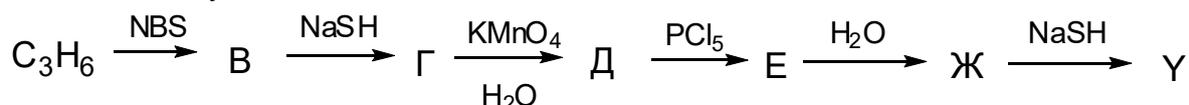


1. Определите элемент Э и напишите уравнения в соответствии с приведенной схемой
2. В честь какого астероида было дано современное название элемента?

Задача №11-2

Растворимые соединения тяжелого металла *X* являются очень токсичными, например, соединение *A*, которое можно получить при растворении *X* в горячей концентрированной азотной кислоте. Одной из важнейших биогенных форм *X* является органическое производное *B*, которое часто находят в мясе рыб и других морских животных. Массовые доли *X* в веществах *A* и *B* равны, соответственно, 61,85 и 87,01%.

Одним из наиболее известных антидотов при отравлении соединениями X является Унитиол – органическое соединение, натриевая соль кислоты Y, которую можно получить из пропилена по следующей схеме:



(NBS – N-бромсукцинимид)

При сжигании 18,8 г кислоты Y образуется 7,2 г воды и выделяется эквимолярная смесь углекислого и сернистого газов, которую пропустили через баритовую воду. При этом образовался осадок массой 124,2 г.

1. Установите металл X и формулы соединений A и B. Напишите уравнение реакции X с концентрированной азотной кислотой.
2. Установите брутто-формулу кислоты Y. Ответ подтвердите необходимыми расчетами и уравнениями реакций с баритовой водой.
3. Приведите структурные формулы веществ B – Ж и кислоты Y.
4. Приведите уравнение реакции Y + A, используя структурные формулы органических веществ.

Задача №11-3

Обойный клей КМЦ – продукт химической переработки древесной целлюлозы и предназначен для наклеивания всех видов обоев на бумажной основе. Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы, на основе которой произведен КМЦ клей, является экологически чистым продуктом с прекрасными показателями растворимости. Клей КМЦ является универсальным и предназначается для наклеивания моющихся и немоющихся обоев на бумажной, виниловой, тканевой и флизелиновой основах на бетонные, оштукатуренные, каменные, деревянные и другие неметаллические поверхности.

КМЦ получают следующим образом: первоначально целлюлозу обрабатывают раствором NaOH, а затем – хлоруксусной кислотой, при этом реакция может идти по любой свободной гидроксильной группе целлюлозы.

Для оценки количества заместителей в натриевой соли КМЦ проводят осаждение КМЦ в виде медной соли при pH 4,0–4,1 с помощью сульфата меди, затем медную соль отфильтровывают и переводят в раствор действием аммиака, обрабатывают избытком уксусной кислоты, добавляют иодид калия (реакционную смесь выдерживают 10 мин в темноте) и затем выделившийся иод отитровывают тиосульфатом натрия.

1. Напишите структурный фрагмент КМЦ, содержащий на одно глюпиранозное звено одну карбоксиметильную группу, используйте кресловидные конформации или проекции Хеурса. Приведите уравнение реакции получения КМЦ такого строения.
2. Приведите уравнения реакций, лежащих в основе описанного в условии метода анализа.
3. Определите массовое содержание карбоксиметильных групп (%), если массовая доля меди в медной соли КМЦ составила 6,3 %.

Задача №11-4

Простое вещество, образованное атомами элемента X, в одной из своих полиморфных модификаций имеет слоистое строение и содержит 6 атомов в одной элементарной ячейке, имеющей объем 127,82 Å³. Плотность этой модификации составляет 5,84 г/см³.

При горении на воздухе вещества X образуется оксид (реакция 1), иногда используемый в медицине для лечения злокачественных опухолей. Такое применение

оксида, однако, ограничено его высокой токсичностью, благодаря которой он до середины XIX века был распространенным средством отравителей вследствие трудности его обнаружения. Ситуация изменилась после открытия Джеймсом Маршем качественной реакции, носящей его имя. Для проведения реакции пробу, содержащую оксид элемента X обрабатывают соляной кислотой с добавлением металлического цинка (*реакция 2*). Выделяющийся при этом газ пропускают через раскаленную стеклянную трубку. При наличии в пробе X, на месте нагрева наблюдается образование зеркала упомянутой выше кристаллической модификации X (*реакция 3*). Похожее зеркало дает не только X, но и, например, сурьма. Отличить X можно обработав зеркало щелочным раствором гипохлорита натрия, при этом X, в отличие от сурьмы, растворяется (*реакция 4*).

Сульфиды X более разнообразны, чем оксиды. Помимо X_2S_3 (использовался как пигмент в иконописи) и X_2S_5 , известны X_4S_4 (существует в виде двух разных по строению молекул), X_4S_3 и X_4S_5 .

Сульфид X_2S_3 не растворяется в воде и неокисляющих кислотах, но растворим в концентрированной азотной кислоте, причем при растворении происходит окисление X и S до высших степеней окисления (*реакция 5*). Также X_2S_3 растворяется в сульфиде аммония (*реакция 6*) или дисульфиде аммония (*реакция 7*).

1. Определите элемент X. Подтвердите расчетом атомной массы.
2. Запишите уравнения реакций 1–7. Учтите, что в реакциях 6 и 7 образуются две разные продукты.
3. Изобразите графические формулы сульфидов X_4S_4 (две разные по строению молекул), X_4S_3 и X_4S_5 и укажите степени окисления всех атомов X в этих молекулах. Учтите, что состав молекул соответствует формулам сульфидов, сера входит в состав только в виде анионов S^{2-} , а атомы X во всех сульфидах образуют 3 связи.

Задача №11-5

Реакция твердофазного взаимодействия $BaCO_3$ и SiO_2 протекает при температуре свыше $1000^\circ C$ и сопровождается выделением газообразного продукта. По результатам термического анализа установлено, что деструкция карбоната бария происходит при $1200^\circ C$, при этом масса образца уменьшается на $19,0\%$.

1. Напишите химическую реакцию твердофазного взаимодействия $BaCO_3$ с SiO_2 и реакцию деструкции карбоната бария.
2. Рассчитайте, массу газообразного продукта при разложении 5 г карбоната бария.
3. Определите значение энергии активации процесса твердофазного взаимодействия, если константы скорости при температурах 1073 и $1143^\circ C$ при одинаковой длительности процесса соответственно равны $3,10 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$ и $1,32 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$.
- 5) Рассчитайте константу скорости процесса при $1200^\circ C$.
- б) Установите, какой процесс является лимитирующим при протекании твердофазной реакции $BaCO_3$ с SiO_2 ?

Примечания

Энергию активации химической реакции можно рассчитать, используя уравнение Вант-Гоффа:

$$E_a = \frac{RT_2T_1 \cdot \ln \frac{k_2}{k_1}}{T_2 - T_1}$$

где E_a – энергия активации (Дж/моль), R – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/(моль·К), k_1 , k_2 – константа скорости при температуре T_1 и T_2 , соответственно.

В зависимости от полученного значения энергии активации можно оценить лимитирующую стадию твердофазной реакции (т.е. область реагирования). Если энергия активации более 40 кДж/моль, то процесс лимитируется химической реакцией (кинетическая область реагирования). Если энергия активации менее 20 кДж/моль, медленной стадией является подвод реагента к частице или диффузия внутрь частицы через поры (диффузионная область реагирования).

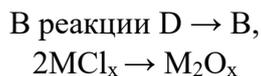
**Критерии оценивания заданий теоретического тура
II (Заключительного) этапа олимпиады 2018/19 уч. года**

Задания 9 класса

Представлен один из возможных вариантов решения заданий

Задача №9-1

Вещества **B** и **D** содержат в своем составе элемент **M**, образующий простое вещество **C**, тогда **B** – M_2O_x , а **D** – MCl_x .



Составим уравнение:

$$\begin{aligned} n(MCl_x) &= 2n(M_2O_x); \\ m(MCl_x)/M(MCl_x) &= 2m(M_2O_x)/M(M_2O_x); \\ 1,85 \cdot 1,879/(2M+16x) &= 2 \cdot 1,7/(M+35,5x); \end{aligned}$$

$M=18,321x$, при $x=1$, $M=18$ г/моль,

$x=2$, $M=37$ г/моль,

$x=3$, $M=55$ г/моль,

$x=4$, $M=73$ г/моль – Ge (Экасилиций)

Газ, который изменяет окраску перманганата калия – SO_2 :



Тогда в составе аргиродита присутствуют Ag, Ge и S: $Ag_xGe_yS_z$

$\omega(Ag)=76,53\%$, тогда

$x=1$, $M=141$ г/моль, $M(\text{без Ag})=33$ г/моль,

$x=2$, $M=282$ г/моль, $M(\text{без Ag})=66$ г/моль,

$x=3$, $M=423$ г/моль, $M(\text{без Ag})=99$ г/моль, $M(\text{без Ge})=26$ г/моль,

$x=4$, $M=564,5$ г/моль, $M(\text{без Ag})=132$ г/моль, $M(\text{без Ge})=59$ г/моль,

$x=5$, $M=706$ г/моль, $M(\text{без Ag})=165$ г/моль, $M(\text{без Ge})=92$ г/моль,

$x=6$, $M=847$ г/моль, $M(\text{без Ag})=198$ г/моль, $M(\text{без Ge})=125$ г/моль,

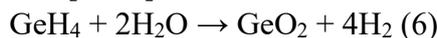
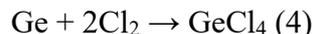
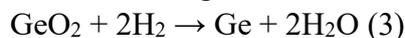
$x=7$, $M=988$ г/моль, $M(\text{без Ag})=231$ г/моль, $M(\text{без Ge})=158$ г/моль,

$x=8$, $M=1129$ г/моль, $M(\text{без Ag})=265$ г/моль, $M(\text{без Ge})=192$ г/моль,

$x=9$, $M=1270$ г/моль, $M(\text{без Ag})=297$ г/моль, $M(\text{без Ge})=224$ г/моль,

Методом подбора найдется единственный вариант: Ag_8GeS_6

Уравнения реакций:

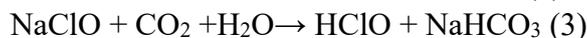


Разбалловка

Написание реакций (1) – (7)	7x1 б. = 7 б
Название металла С	1 б.
Определение формулы аргиродита (с расчетом)	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-2

«Лабарркова вода» – насыщенный хлором раствор гидроксида натрия, содержит гипохлорит натрия и хлорид натрия:



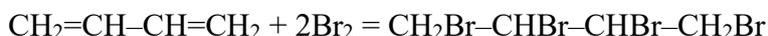
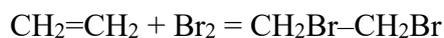
«Жавелевая вода» – является аналогом «лабаррковой воды»:



Фагеденическая вода»:



Примерами использования бромной воды для качественного определения органических веществ могут служить реакции обесцвечивания бромной воды при взаимодействии с алкенами, алкинами, алкадиенами, альдегидами, муравьиной кислотой, фенолом, анилином и пр.:



Тяжелая вода (оксид дейтерия, D_2O), вода, в которой атомы водорода замещены дейтерием. Тяжелая вода используется как замедлитель в некоторых атомных реакторах.

Выведем формулу соли, используемой для получения «свинцовой воды».

73,14 мас. % свинца, 8,47 мас. % углерода и 16,96 мас. % кислорода

$$\text{Pb}:\text{C}:\text{O}:\text{H} = 73,14 / 207,2 : 8,47 / 12 : 16,96 / 16 : 1,43 / 1 = 0,35 : 0,70 : 1,06 : 1,43 = \\ = 1 : 2 : 3 : 4$$

Следовательно, простейшая брутто-формула $\text{PbC}_2\text{O}_3\text{H}_4$, что соответствует ацетату гидроксосвинца $\text{Pb}(\text{OH})(\text{CH}_3\text{COO})$.

При применении «свинцовой воды» следует помнить, что все соединения свинца токсичны, и применять свинцовую примочку не следует, если на коже образовались ссадины и порезы.

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (6)	6x1 б. = 6 б.
Примеры использования бромной воды	1 б.
За ответ о тяжелой воде	1 б.
Определение формулы соли свинца (с расчетом)	1,5 б.
За указание на токсичность свинца	0,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-3

Исходя из рисунка формула сульфида – $\text{Э}_2\text{S}_7$.

0,5 б.

Приняв, что плотность равна отношению массы молекулы в элементарной ячейке (m) к объему элементарной ячейки ($V_{\text{эя}}$) получим:

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{эя}}}$$

Массу атомов в одной элементарной ячейке найдем как произведение количества формульных единиц (Z) на массу одной формульной единицы, определив ее как отношение молярной массы металла (M) к числу Авогадро (то есть отношению массы 1 моля металла к числу атомов металла в 1 моле):

$$m = Z \frac{M}{N_A}$$

Тогда,

$$\rho = \frac{ZM}{N_A V_{\text{эя}}} \left[\frac{z / \text{моль}}{1 / \text{моль} \cdot \text{см}^3} = \frac{z}{\text{см}^3} \right]$$

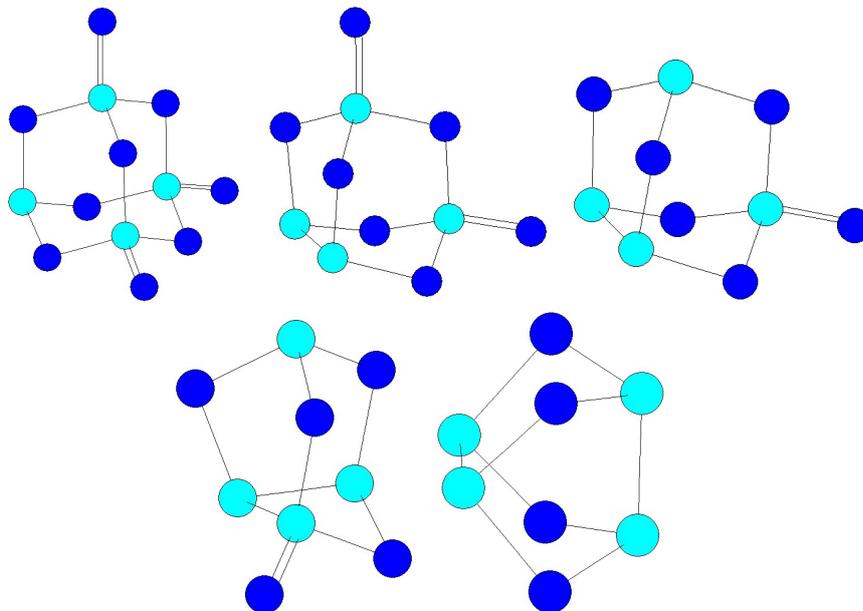
Откуда,

$$M = \frac{\rho N_A V_{\text{эя}}}{Z} = \frac{2,1456 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 886,62 \cdot 10^{-24}}{4} = 286,3 \text{ г/моль}$$

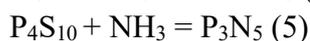
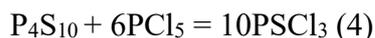
Определение X с расчетом

2 б.

(Определение X без расчета – 0,5 б.)



Каждая формула по 1 баллу, итого 5 б.



Каждое уравнение по 0,5 б, итого – 2,5 балла

ИТОГО 10 б.

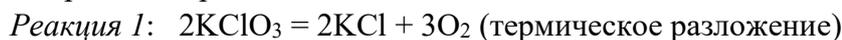
Задача №9-4

1. В состав вещества А входит калий (окрашивание пламени в фиолетовый цвет), кислород (выделение газа, поддерживающего горение) и 29% хлора. $M(A) = 35,5/0,29 = 122,5$ г/моль – соответствует формуле $KClO_3$ (хлорат калия или Бертолетова соль). Также можно проверить это по объему кислорода: $n(O_2) = 0,672/22,4 = 0,03$ моль, $m(O_2) = 0,03 \times 32 = 0,96$. $\omega(O) = 0,96/2,45 = 39,18\%$, что также соответствует формуле $KClO_3$.

Из предыдущих рассуждений видно, что хлорат калия разложился полностью до хлорида калия (вещество В), который при реакции с конц серной кислотой образуется хлороводород – газ Г; вторым продуктом данной реакции является гидросульфат калия, разлагающийся при нагревании. При электролизе хлорида калия на аноде выделяется хлор – газ Д. Простое вещество Е – сера.

Итак, А = $KClO_3$, Б = O_2 , В = KCl , Г = HCl , Д = Cl_2 , Е = S .

2. Уравнения реакций:



Реакция 3: $2\text{KHSO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (термическое разложение)

Реакция 4: $2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 2\text{KOH} + \text{Cl}_2$ (электролиз)

Реакция 5: $\text{S} + 6\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Реакция 6: $2\text{KClO}_3 + 3\text{S} = 2\text{KCl} + 3\text{SO}_2$

3. По условию в реакцию вступило 2,45 г хлората калия

$n(\text{KClO}_3) = 2,45/122,5 = 0,02$ моль

Согласно уравнению реакции $2\text{KClO}_3 + 3\text{S} = 2\text{KCl} + 3\text{SO}_2$

В нее вступит 0,03 моль серы, $m(\text{S}) = 0,03 \cdot 32 = 0,96$ г

При этом образуется 0,03 моль SO_2 , его объем по уравнению Менделеева-Клапейрона

$V(\text{SO}_2) = nRT/p = 0,03 \cdot 8,31 \cdot 473/101,325 = 1,16$ л

Разбалловка

Определение вещества А (без расчета – 0,5 б.)	1 б.
Определение веществ Б–Е	5x0,5 б. = 2,5 б.
Написание реакций (1) – (6)	6x1 б. = 6 б.
	0,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-5

Источником энергии или восстановителем в твердом ракетном топливе являются порошки металлов или углерода. В термодинамике тепловой эффект (энтальпия) экзотермического процесса, в том числе и реакции горения, считается отрицательным, так как энергия уходит из системы. Оцените представленные в таблице значения стандартной энтальпии образования оксидов, и, на основании расчетов, постройте ряд простых веществ по убыванию их эффективности как горючего.

Приведите соображения по поводу того, какой восстановитель является наиболее вероятным компонентом твердотопливных составов.

Другим компонентом твердого ракетного топлива является окислитель. В этом качестве предложено использовать перхлораты аммония, лития и калия, нитраты аммония и калия или динитрамид аммония $\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2$.

Оксид	$\Delta H^\circ_{f,298}$, кДж/моль
CO_2	-393
Li_2O	-599
BeO	-607
MgO	-601
Fe_2O_3	-824
Al_2O_3	-1675
Ti_2O_3	-1521

Выберите из перечисленных солей наиболее эффективный окислитель, полагая, что эффективность тем выше, чем большая масса сгорающего восстановителя и большее количество продуктов горения приходится на единицу массы этого окислителя. Все продукты, включая соли и оксиды металлов, считать газообразными. Для подтверждения своего выбора представьте уравнения реакций окисления углерода предложенными солями и расчеты, основанные на этих уравнениях. При создании ракетного топлива наиболее эффективным будет тот восстановитель, который может обеспечить выделение наибольшего количества энергии (наименьшую энтальпию) при сгорании единицы массы. Таким образом, энтальпию образования оксида следует отнести к произведению индекса элемента в формуле оксида и его молярной массы

$\Delta H^\circ_{f,298}/M(\text{C}) = -393/12 = -32,75$ кДж/г; **(0,4 балла)**

$\Delta H^\circ_{f,298}/2M(\text{Li}) = -599/2 \cdot 6,94 = -43,16$ кДж/г; **(0,4 балла)**

$\Delta H^\circ_{f,298}/M(\text{Be}) = -607/9 = -67,44$ кДж/г; **(0,4 балла)**

$$\Delta H_{f,298}^{\circ}/M(\text{Mg}) = -601/24 = -25,04 \text{ кДж/г; (0,4 балла)}$$

$$\Delta H_{f,298}^{\circ}/2M(\text{Fe}) = -824/2 \cdot 55,85 = -7,38 \text{ кДж/г; (0,4 балла)}$$

$$\Delta H_{f,298}^{\circ}/2M(\text{Al}) = -1675/2 \cdot 27 = -31,02 \text{ кДж/г; (0,4 балла)}$$

$$\Delta H_{f,298}^{\circ}/2M(\text{Ti}) = -1521/2 \cdot 47,87 = -15,89 \text{ кДж/г; (0,4 балла)}$$

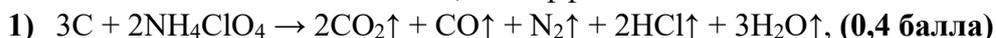
$$\Delta H_{f,298}^{\circ}/2M(\text{Nb}) = -1897/2 \cdot 92,9 = -10,21 \text{ кДж/г. (0,4 балла)}$$

Расчеты позволяют построить ряд восстановителей по убыванию энергетической эффективности:



В полученном ряду наиболее эффективными являются бериллий и литий, а доступными углерод, алюминий и железо. Однако, бериллий с литием редки в природе, дороги в производстве и довольно активны. Железо является самым дешёвым из производимых металлов, но не обеспечивает нужной эффективности при сгорании. Остаются **углерод (0,4 балла)** и **алюминий (0,4 балла)**, обеспечивающие достаточную топливную эффективность, доступность, как широко производимые материалы, и устойчивость при длительном хранении.

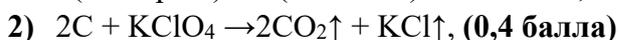
Уравнения реакций взаимодействия углерода с предлагаемыми солями позволяют рассчитать массу восстановителя и количество продуктов реакции на единицу массы окислителя. Чем больше эти значения, тем эффективнее окислитель.



$M(\text{NH}_4\text{ClO}_4) = 117,5 \text{ г/моль}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}$. По уравнению реакции 2 моль окислителя расходуется на 3 моль восстановителя, при этом образуется 9 моль газообразных продуктов. Приведём соответствующие расчеты на единицу массы окислителя:

$$3M(\text{C})/2M(\text{NH}_4\text{ClO}_4) = 36/235 = \mathbf{0,153} \text{ Г}_{\text{восст.}}/\text{Г}_{\text{окисл.}}; \text{(0,2 балла)}$$

$$n(\text{газ. прод.})/2M(\text{NH}_4\text{ClO}_4) = 9/235 = \mathbf{0,0383} \text{ моль/г. (0,2 балла)}$$



$M(\text{KClO}_4) = 138,5 \text{ г/моль}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}$. По уравнению реакции 1 моль окислителя расходуется на 2 моль восстановителя, при этом образуется 3 моль газообразных продуктов. На единицу массы окислителя:

$$2M(\text{C})/M(\text{KClO}_4) = 24/138,5 = \mathbf{0,173} \text{ Г}_{\text{восст.}}/\text{Г}_{\text{окисл.}}; \text{(0,2 балла)}$$

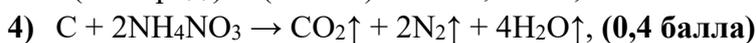
$$n(\text{газ. прод.})/M(\text{KClO}_4) = 3/138,5 = \mathbf{0,0217} \text{ моль/г. (0,2 балла)}$$



$M(\text{LiClO}_4) = 106,44 \text{ г/моль}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}$. По уравнению реакции 1 моль окислителя расходуется на 2 моль восстановителя, при этом образуется 3 моль газообразных продуктов. На единицу массы окислителя:

$$2M(\text{C})/M(\text{LiClO}_4) = 24/106,44 = \mathbf{0,225} \text{ Г}_{\text{восст.}}/\text{Г}_{\text{окисл.}}; \text{(0,2 балла)}$$

$$n(\text{газ. прод.})/M(\text{LiClO}_4) = 3/106,44 = \mathbf{0,0282} \text{ моль/г. (0,2 балла)}$$



$M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 80 \text{ г/моль}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}$. По уравнению реакции 2 моль окислителя расходуется на 1 моль восстановителя, при этом образуется 7 моль газообразных продуктов. На единицу массы окислителя:

$$M(\text{C})/2M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 12/160 = \mathbf{0,075} \text{ Г}_{\text{восст.}}/\text{Г}_{\text{окисл.}}; \text{(0,2 балла)}$$

$$n(\text{газ. прод.})/2M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 7/160 = \mathbf{0,0438} \text{ моль/г. (0,2 балла)}$$



$M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}$. По уравнению реакции 2 моль окислителя расходуется на 3 моль восстановителя, при этом образуется 5 моль газообразных продуктов. На единицу массы окислителя:

$$3M(\text{C})/2M(\text{KNO}_3) = 36/202 = \mathbf{0,178} \text{ Г}_{\text{восст.}}/\text{Г}_{\text{окисл.}}; \text{(0,2 балла)}$$

- $n(\text{газ. прод.})/2M(\text{KNO}_3) = 5/202 = \mathbf{0,0248}$ моль/г. **(0,2 балла)**
- б) $\text{C} + \text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2 \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + 2\text{N}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}\uparrow$, **(0,4 балла)**
 $M(\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2) = 124$ г/моль, $M(\text{C}) = 12$ г/моль. По уравнению реакции 1 моль окислителя расходуется на 1 моль восстановителя, при этом образуется 5 моль газообразных продуктов. На единицу массы окислителя:
 $M(\text{C})/M(\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2) = 12/124 = \mathbf{0,097}$ $\Gamma_{\text{восст.}}/\Gamma_{\text{окисл.}}$; **(0,2 балла)**
 $n(\text{газ. прод.})/M(\text{NH}_4\text{ClO}_4) = 5/124 = \mathbf{0,0403}$ моль/г. **(0,2 балла)**

Таблица. Данные о массе углерода и количестве продуктов горения на единицу массы окислителя

Окислитель	$m(\text{C})/m(\text{окислителя}),$ $\Gamma_{\text{восст.}}/\Gamma_{\text{окисл.}}$	$n(\text{газ. прод.})/m(\text{окисл.})$ моль/г
NH_4ClO_4	0,153	0,0383
KClO_4	0,173	0,0217
LiClO_4	0,225	0,0282
NH_4NO_3	0,075	0,0438
KNO_3	0,178	0,0248
$\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2$	0,097	0,0403

Полученные по уравнениям реакций данные, позволяют выделить два эффективных окислителя: по массе сжигаемого углерода – перхлорат лития (LiClO_4) **(0,4 балла)**, по количеству продуктов горения – нитрат аммония (NH_4NO_3) **(0,4 балла)**.

ИТОГО: 10 баллов

Задания 10 класса

Представлен один из возможных вариантов решения заданий

Задача №10-1

В 1. С разбавленной серной кислотой реагируют только металлы, стоящие в ряду напряжений до водорода, выделяя из нее водород, следовательно, газ **X** – водород.

С концентрированной серной кислотой реагируют все металлы, стоящие в ряду напряжений до водорода, а также некоторые, стоящие после водорода. При этом обычно выделяется не водород, а оксид серы (IV), который в $64/2 = 32$ раза тяжелее водорода, что соответствует условию.

Итак, **X**– H_2 , **Y**– SO_2

Вероятно, что металл, который не растворился в серной кислоте, но растворился в царской водке – это золото, при этом в растворе образуется тетрахлораурат водорода, который при выпаривании кристаллизуется в виде кристаллогидрата $\text{H}[\text{AuCl}_4] \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Используя массовую долю хлора, получим уравнение:

$$(4 \times 35,5) / (1 + 197 + 4 \times 35,5 + 18n) = 0,3447, \text{ откуда } n = 4.$$

Итак, **Z** = $\text{H}[\text{AuCl}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Ион $[\text{AuCl}_4]^-$ имеет геометрию плоского квадрата.

Таким образом, в сплаве содержится золото массой 210 мг – при сильном прокаливании тетрахлораурата оно образуется в виде металла. Массовая доля золота = $210 / 439,19 = 0,4782$ (47,82%) соответствует полученной формуле $\text{H}[\text{AuCl}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Определим металл, который вступил в реакцию с разбавленной серной кислотой. По свойствам – это амфотерный металл, так как его гидроксид растворяется в избытке щелочи. Наиболее вероятно, это Al или Zn.

Молярную массу металла можно найти из данных по строению кристаллической решетки:

M (г/моль) = $\rho \times N_A \times a^3 / N$, где ρ – плотность в г/см³, N_A – число Авогадро, a – параметр решетки в см, N – число атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку. В случае гранцентрированной ячейки $N = 8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$ (шарики в вершинах куба принадлежат восьми ячейкам, шарики в центрах граней принадлежат двум ячейкам).

Тогда $M = 2,7 \times 6,02 \cdot 10^{23} \times (4,05 \cdot 10^{-8})^3 / 4 = 27$ г/моль – это алюминий.

Также определить алюминий можно из соотношения объема водорода и массы твердого остатка после прокаливания (оксида) перебором валентностей. Для трехвалентного металла $n(\text{H}_2) = 3n(\text{M}_2\text{O}_3)$.

$$n(\text{H}_2) = 0,336 / 22,4 = 0,015 \text{ моль,}$$

тогда $n(\text{M}_2\text{O}_3) = 0,005$ моль, $M(\text{M}_2\text{O}_3) = 0,510 / 0,005 = 102$ г/моль, что соответствует оксиду алюминия.

Третий металл в сплаве устанавливается по окраскам аморфного гидроксида и продукта его прокаливания (оксида) – это медь. Молярную массу меди также можно вывести, сопоставив объем диоксида серы и массу оксида. Для металла, имеющего степень окисления +2,

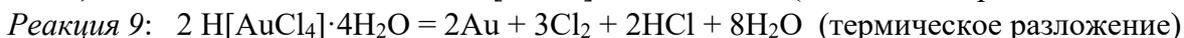
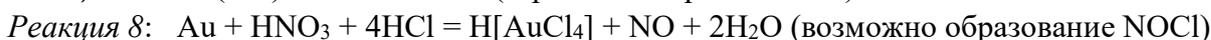
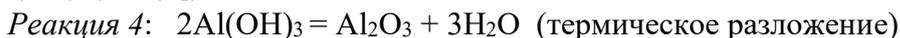
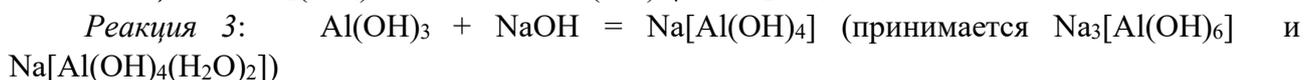
$$n(\text{SO}_2) = n(\text{MO}).$$

$$n(\text{SO}_2) = 0,112 / 22,4 = 0,005 \text{ моль,}$$

$$\text{тогда } n(\text{MO}) = 0,005 \text{ моль, } M(\text{MO}) = 0,4 / 0,005 = 80 \text{ г/моль, что соответствует CuO.}$$

Таким образом, **сплав содержит золото, медь и алюминий.**

2. Уравнения реакций:



3. Как было показано ранее,

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = n(\text{CuO}) = 0.005 \text{ моль, тогда } n(\text{Al}) = 2n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0.01 \text{ моль}$$

$$m(\text{Al}) = M \times n = 27 \times 0.01 = 0,27 \text{ г} = 270 \text{ мг}$$

$$n(\text{Cu}) = n(\text{CuO}) = 0.005 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}) = M \times n = 64 \times 0.005 = 0,32 \text{ г} = 320 \text{ мг}$$

$$m(\text{Au}) = 210 \text{ мг, тогда общая масса взятого изделия} = 270 + 320 + 210 = \mathbf{800 \text{ мг}}$$

$$\omega(\text{Al}) = m(\text{Al})/m(\text{сплава}) = 270 / 800 = \mathbf{0.3375 (33.75\%)}$$

$$\omega(\text{Cu}) = 3.2 / 8 = \mathbf{0,4 (40\%)}$$

$$\omega(\text{Au}) = 100 - 33.75 - 40 = \mathbf{0,2625 (26.25\%)}$$

Разбалловка

Формулы X, Y, Z	3x0,5 б = 1,5 б.
Уравнения реакций 1 – 9	9x0,5 б. = 4,5 б.

Определение металлов и их массовые доли в сплаве	3х1 б = 3 б.
масса изделия	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

1. При растворении металла в азотной кислоте должен образоваться нитрат. Для двухвалентного нитрата получим формулу $X(NO_3)_2$, молярная масса данного вещества с учетом массовой доли нитратных групп (38,15%)

$$M(X(NO_3)_2) = 2 \times 62 / 0,3815 = 325 \text{ г/моль, откуда } M(X) = 201 \text{ г/моль – это ртуть Hg}$$

Молярная масса Б равна $M(B) = 201n / 0,8701 = 231n$ (г/моль), где n – количество атомов ртути в веществе.

$$\text{При } n = 1 \text{ получим } M = 231 \text{ г/моль, что соответствует Hg(CH}_3)_2$$

Итак,

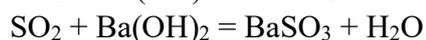
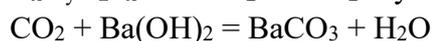
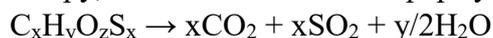
X – Hg

A – Hg(NO₃)₂

Б – Hg(CH₃)₂



2. Наиболее вероятно, что Y содержит четыре элемента – углерод, кислород, водород и серу, тогда обозначим его формулу как $C_xH_yO_zS_x$



Так как по условию смесь газов эквимольная, то $n(CO_2) = n(SO_2) = x$ моль, тогда $n(BaCO_3) = n(BaSO_3) = x$ моль.

$$M(BaCO_3) = 197 \text{ г/моль, } m(BaCO_3) = 197x \text{ (г)}$$

$$M(BaSO_3) = 217 \text{ г/моль, } m(BaSO_3) = 217x \text{ (г)}$$

$$\text{Составим уравнение: } 197x + 217x = 124.2$$

Решая уравнение, получим $x = 0.3$ моль, следовательно, в веществе Y $n(C) = n(S) = 0.3$ моль.

$$n(H_2O) = 7.2 / 18 = 0.4 \text{ моль, следовательно, в веществе Y } n(H) = 2n(H_2O) = 0.8 \text{ моль}$$

Сделаем проверку на наличие кислорода в соединении Y:

$$18.8 - 0.3 \times 12 - 0.3 \times 32 - 0.8 \times 1 = 4.8 \text{ г – приходится на кислород.}$$

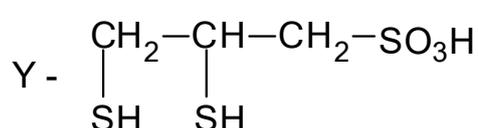
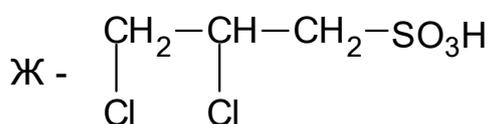
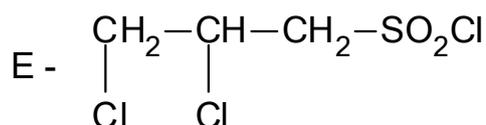
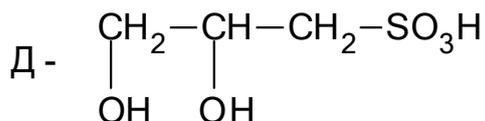
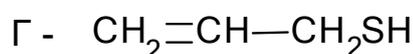
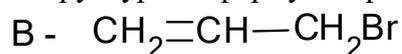
$$n(O) = 4.8 / 16 = 0.3 \text{ моль}$$

Найдем соотношение элементов в соединении Y:

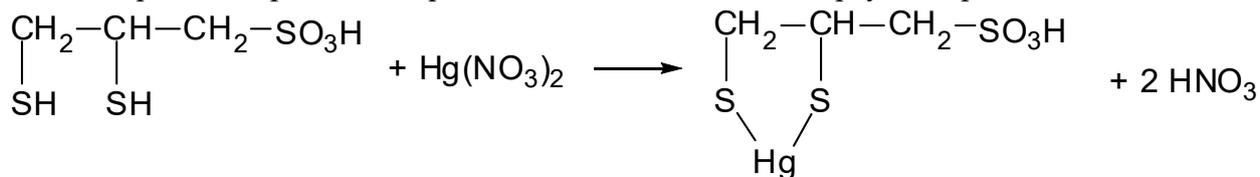
$$x : y : z = 0.3 : 0.8 : 0.3 = 3 : 8 : 3.$$

Таким образом, простейшая формула Y – $C_3H_8S_3O_3$.

3. Структурные формулы органических веществ:



4. Уравнение реакции, отражающее связывание ионов ртути в прочное соединение:



Разбалловка

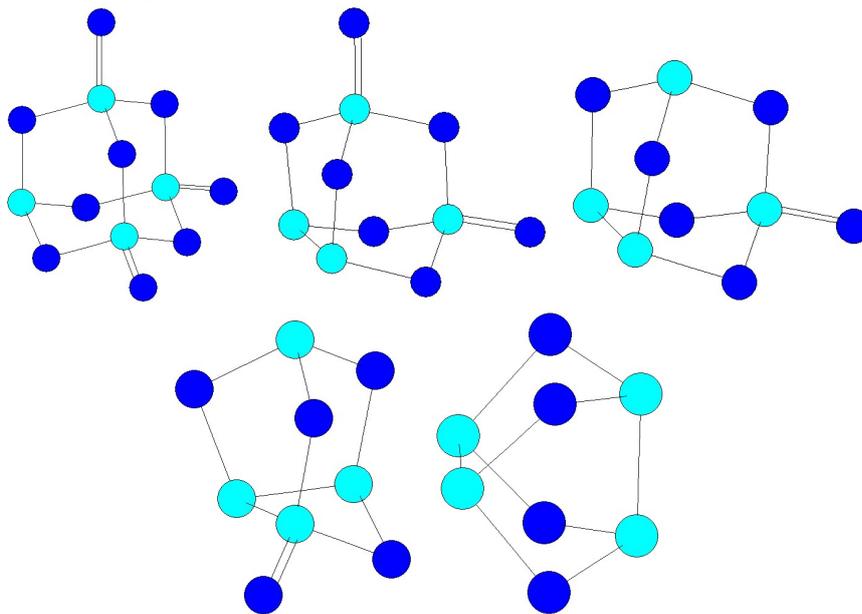
Формулы веществ X, А, Б	3x1 б. = 3 б.
Уравнение реакции X с азотной кислотой	0,5 б
Установление брутто-формулы Y	2 б.
Реакции с баритовой водой	2x0,5 б. = 1 б.
Структурные формулы веществ В – Ж, Y	6x0,5 б. = 3 б.
Уравнение реакции Y и А	0,5 б
ИТОГО	10 б.

Задача №10-3

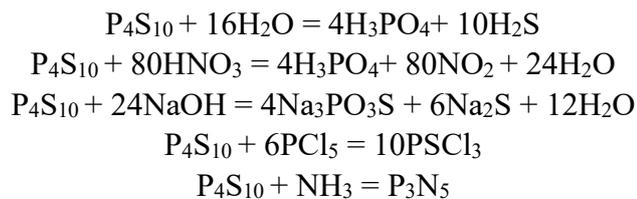
1. Исходя из рисунка – P_2S_7 . 0,5 б.

$$\rho = \frac{1,66 \cdot M \cdot Z}{V}, \text{ отсюда } M = 286,5, \text{ X – фосфор.}$$

Определение X с расчетом 2 б.
(Определение X без расчета – 0,5 б.)



Каждая формула по 1 баллу, итого 5 б.



Каждое уравнение по 0,5 б, итого – 2,5 балла

ИТОГО 10 б.

Задача №10-4

1. Исходя из описанных превращений, можно сделать вывод, что вещество **X** является оксидом. Предположим, что в веществе **X** ($\text{Э}_x\text{O}_y$) 9.343% приходится на кислород, тогда:

$$0.09343 = 16y / (xM(\text{Э}) + 16y)$$

$$M(\text{Э}) = 155.25y / x$$

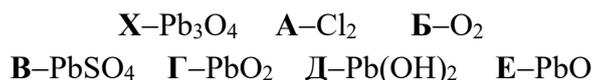
Перебором значений x и y можно установить, что при $x=3$ и $y=4$ $M(\text{Э}) = 207$ г/моль, что соответствует свинцу.

Тогда найденное вещество **X** – смешанный оксид свинца Pb_3O_4 ($2\text{PbO} \cdot \text{PbO}_2$ или Pb_2PbO_4), содержащий свинец в степенях окисления +2 и +4. За счет Pb (IV) это соединение является окислителем, поэтому в реакции с соляной кислотой он будет окислять ее до свободного хлора (газ **A**), а в растворе будет образовываться малорастворимый хлорид свинца (II), который при нагревании растворяется в избытке соляной кислоты с образованием хлоридного комплекса, поэтому Вася не обнаружил осадка в этой пробирке после окончания реакции. В среде серной кислоты Pb_3O_4 фактически окисляет воду, выделяя из нее кислород (газ **B**; $M(\text{Cl}_2) / M(\text{O}_2) = 71 / 32 = 2.22$, что соответствует условию); при этом в растворе образуется нерастворимый сульфат свинца (II) (белый осадок **B**). При его длительном кипячении в концентрированном растворе щелочи происходит растворение с образованием гидроксокомплекса, который разрушается при пропускании углекислого газа, выпадает осадок гидроксида свинца (II) (белый осадок **D**), который при прокаливании в инертной атмосфере превращается в оксид **E**– PbO .

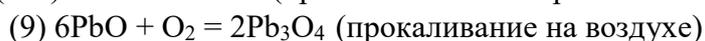
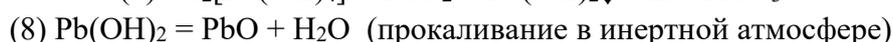
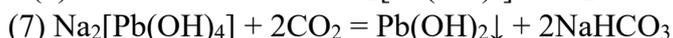
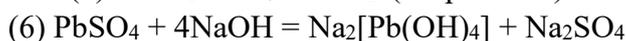
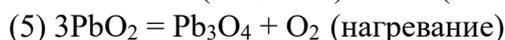
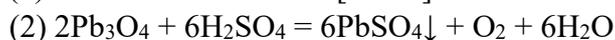
При растворении в азотной кислоте в раствор переходит только свинец (II) с образованием растворимого нитрата свинца (II), а черный осадок **Г** на дне пробирки – это оксид свинца (IV), при прокаливании он теряет часть кислорода и снова превращается в смешанный оксид **X**. Прокаливание оксида **Г** приводит образованию смешанного оксида **X** с потерей массы $32 / 717 = 4,46\%$.

При растворении в уксусной кислоте и Pb (II), и Pb (IV) переходят в раствор в виде растворимых ацетатов, поэтому Вася не наблюдал осадков и газов в этой реакции.

Таким образом,

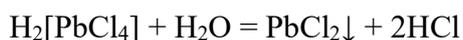


2. Уравнения реакций:



3. Смешанный оксид Pb_3O_4 –**свинцовый сурик**, он применяется в качестве красного пигмента, а также как окислитель.

4. При добавлении воды к хлоридному комплексу свинца (II) произошло его разрушение, что привело к выпадению белого осадка - малорастворимого при комнатной температуре хлорида свинца (II):



Но при нагревании растворимость хлорида свинца сильно увеличивается, поэтому Вася и наблюдал полное растворение осадка.

Разбалловка

Формулы вещества X, А – Е	7x0,5 б. = 3,5 б.
Уравнения реакций 1-9	9x0,5 б. = 4,5 б.
Название и области применения	0,5+0,5 = 1б.
Реакция разрушения комплекса	0,5 б.
Объяснение про растворимость	0,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5

1. Определим брутто-формулу вещества **Б**, кристаллизующуюся из раствора. Сумма приведенных в условии массовых долей не равна 100%, то есть вещество содержит еще как минимум один элемент. Скорее всего, это кислород, и тогда

$$\omega(\text{O}) = 100 - 16,91 - 17,65 - 6,62 = 58,82\%$$

Для формулы $\text{Na}_x\text{C}_y\text{H}_z\text{O}_k$

$$\begin{aligned} x:y:z:k &= 16,91/23 : 17,65/12 : 6,62/1 : 58,88/16 = \\ &= 0,7352 : 1,4708 : 6,62 : 3,68 = 1 : 2 : 9 : 5 \end{aligned}$$

Получим формулу: $\text{NaC}_2\text{H}_9\text{O}_5$

Исходя из данных (кристаллизация из раствора, потеря массы при небольшом прокаливании) можно предположить, что **Б** – это кристаллогидрат.

Тогда его возможная формула $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – тригидрат ацетата натрия.

Массовая доля воды в нем равна $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 82 / 136 = 60,29\%$, что соответствует потере массы при прокаливании: $410 / 680 = 0,6029$ (60,29%).

Тогда исходное вещество **А** – это уксусная кислота, все остальные вещества легко устанавливаются по цепочке превращений.

Формулы газов **В** (C_2H_6) и **Г** (CH_4) можно подтвердить расчетом соотношения молярных масс:

$$M(\text{C}_2\text{H}_6) / M(\text{CH}_4) = 30 / 16 = 1,875$$

Итак, **А** – CH_3COOH , **Б** – $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, **В** – C_2H_6

Г – CH_4 , **Д** – CH_3Cl , **Е** – CH_3OH

2. Уравнения реакций:

- 1) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COONa} + 3\text{H}_2\text{O}$ (при нагревании)
- 3) $2\text{CH}_3\text{COONa} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{C}_2\text{H}_6 + 2\text{CO}_2 + 2\text{NaOH}$ (электролиз раствора)
- 4) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} = \text{CH}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ (сплавление)
- 5) $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ (при облучении или нагревании)
- 6) $2\text{CH}_3\text{Cl} + 2\text{Na} = \text{C}_2\text{H}_6 + 2\text{NaCl}$ (реакция Вюрца)
- 7) $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{OH} + \text{NaCl}$ (водный раствор)
- 8) $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} \xrightarrow[\text{p}]{\text{t}^\circ} \text{CH}_3\text{COOH}$ (катализатор)

3. По уравнению реакции



$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CO}_2) = 0,336 / 22,4 = 0,015 \text{ моль}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,015 \times 60 = 0,9 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,9 / 10 = 0,09 \text{ (9\%)}$$

4. Проанализируем равновесную систему до и после протекания реакции, предположив, что исходные количества веществ равны 1 моль, а в реакцию вступило x моль

	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}$
Исходные количества, моль	1 1 -
Прореагировало, моль	x x
Равновесный состав, моль	$1 - x$ $1 - x$ x

Подставим полученные равновесные количества в выражение константы равновесия и найдем x :

$K = n(\text{CH}_3\text{COOH}) / (n(\text{CH}_3\text{OH}) \times n(\text{CO})) = x / (1 - x)^2 = 10$, откуда $x = 0,73$ (второй корень $x = 1,37$ не имеет смысла).

Тогда в равновесной смеси $n(\text{CH}_3\text{OH}) = n(\text{CO}) = 0,27$ моль, $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,73$ моль, общее количество веществ равно 1,27 моль

$\chi(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,73 / 1,27 = \mathbf{0,5748 (57,48\%)}$

$\chi(\text{CH}_3\text{OH}) = \chi(\text{CO}) = 0,27 / 1,27 = \mathbf{0,2126 (21,26\%)}$

Конверсия метанола составила 73%

5. Для расчета изменения энтальпии реакции можно воспользоваться уравнением изобары Вант-Гоффа, которое можно вывести, приравняв выражения $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ и $\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S$, то есть $\Delta H - T\Delta S = -RT \ln K$

Записывая данное выражение для двух температур ($T_1 = 473\text{K}$ и $T_2 = 703\text{K}$) и решая полученную систему уравнений, получим

$$\Delta H = \frac{\ln \frac{K_2}{K_1} \cdot RT_1 T_2}{T_2 - T_1} = \frac{\ln(10 / 318840) \times 8,31 \times 473 \times 703}{703 - 473} = -124580 \text{ Дж/моль}$$

Таким образом, $\Delta_r H = -124,58 \text{ кДж/моль}$

Разбалловка

Формулы вещества А – Е	6x0,5 б. = 3 б.
Уравнения реакций 1-8	8x0,5 б. = 4 б.
Массовая доля для вещества в растворе	0,5 б.
Равновесный состав	1 б.
Степень конверсии	0,5 б.
Расчет энтальпии	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задания 11 класса

Представлен один из возможных вариантов решения заданий

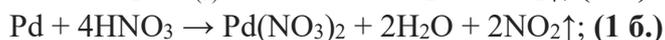
Задача №11-1

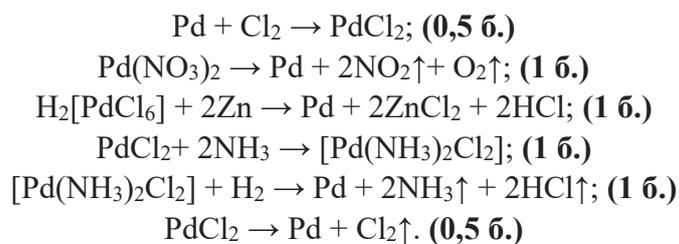
Расчет молярной массы и определение элемента:

$$M(\text{Э}) = V_M \cdot \rho = 8,854 \cdot 12,02 = \mathbf{106,425 \text{ г/моль}; (0,5 б.)}$$

Молярная масса по значению равна атомной массе, следовательно, металл – **палладий. (0,5 б.)**

Уравнения реакций:





Элемент назван в честь астероида Паллада (1 балл)

Итого: 10 баллов.

Задача №11-2

1. При растворении металла в азотной кислоте должен образоваться нитрат. Для двухвалентного нитрата получим формулу $\text{X}(\text{NO}_3)_2$, молярная масса данного вещества с учетом массовой доли нитратных групп (38,15%)

$M(\text{X}(\text{NO}_3)_2) = 2 \times 62 / 0,3815 = 325$ г/моль, откуда $M(\text{X}) = 201$ г/моль – это ртуть Hg

Молярная масса Б равна $M(\text{Б}) = 201n / 0,8701 = 231n$ (г/моль), где n – количество атомов ртути в веществе.

При $n = 1$ получим $M = 231$ г/моль, что соответствует $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$

Итак,

X – Hg

A – $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

Б – $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$

$\text{Hg} + 4\text{HNO}_3 = \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

2. Наиболее вероятно, что Y содержит четыре элемента – углерод, кислород, водород и серу, тогда обозначим его формулу как $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{S}_x$

$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{S}_x \rightarrow x\text{CO}_2 + x\text{SO}_2 + y/2\text{H}_2\text{O}$

$\text{CO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

$\text{SO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Так как по условию смесь газов эквимольная, то $n(\text{CO}_2) = n(\text{SO}_2) = x$ моль, тогда $n(\text{BaCO}_3) = n(\text{BaSO}_3) = x$ моль.

$M(\text{BaCO}_3) = 197$ г/моль, $m(\text{BaCO}_3) = 197x$ (г)

$M(\text{BaSO}_3) = 217$ г/моль, $m(\text{BaSO}_3) = 217x$ (г)

Составим уравнение: $197x + 217x = 124.2$

Решая уравнение, получим $x = 0.3$ моль, следовательно, в веществе Y $n(\text{C}) = n(\text{S}) = 0.3$ моль.

$n(\text{H}_2\text{O}) = 7.2 / 18 = 0.4$ моль, следовательно, в веществе Y $n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 0.8$ моль

Сделаем проверку на наличие кислорода в соединении Y:

$18.8 - 0.3 \times 12 - 0.3 \times 32 - 0.8 \times 1 = 4.8$ г – приходится на кислород.

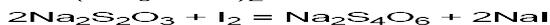
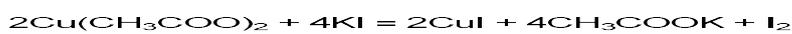
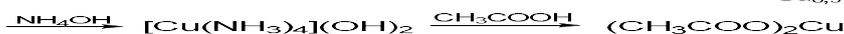
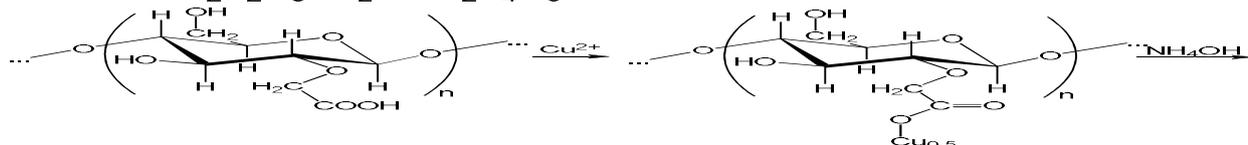
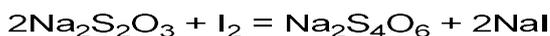
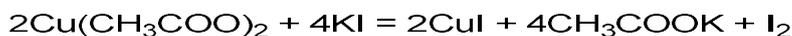
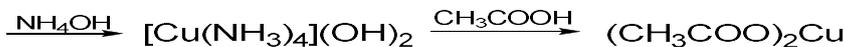
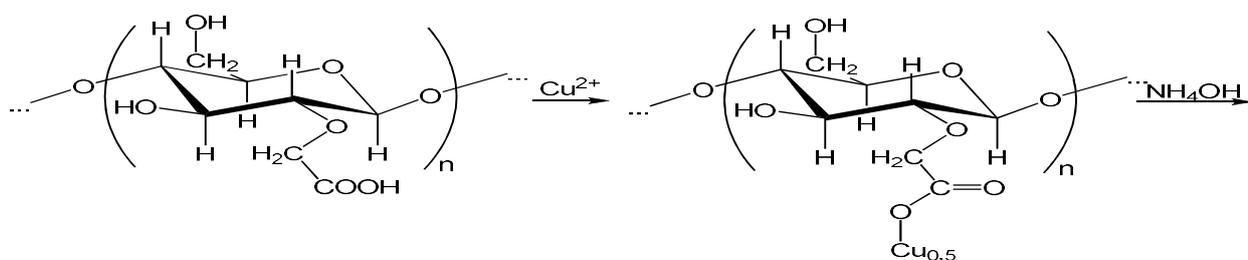
$n(\text{O}) = 4.8 / 16 = 0.3$ моль

Найдем соотношение элементов в соединении Y:

$x : y : z = 0.3 : 0.8 : 0.3 = 3 : 8 : 3$.

Таким образом, простейшая формула Y – $\text{C}_3\text{H}_8\text{S}_3\text{O}_3$.

3. Структурные формулы органических веществ:



При наличии одной карбоксиметильной группы формула КМЦ – $(\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_7)_n$, а соответственно формула медной соли – $(\text{C}_8\text{H}_{11}\text{O}_7\text{Cu}_{0,5})_n$. Рассчитаем массовую долю меди:

$$\omega = \frac{0,5 \times M(\text{Cu})}{M(\text{C}_8\text{H}_{11}\text{O}_7\text{Cu}_{0,5})} \times 100\%$$

$$\omega = \frac{31,75}{251} \times 100\% = 12,6\%$$

То есть, если бы в КМЦ на одно глюкопиранозное звено приходилась одна карбоксиметильная группа, то массовая доля меди составила 12,6%. Так как, по условию задачи массовая доля меди равна 6,3%, то можно сделать вывод о том, что одна карбоксиметильная группа приходится на два глюкопиранозных звена.

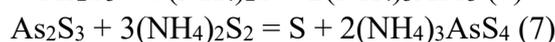
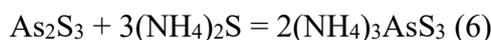
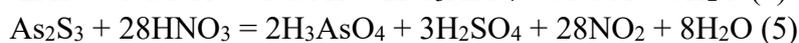
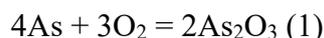
Массовое содержание равно $\frac{0,5M(\text{CH}_2\text{COOH})}{M(\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_7)} \times 100\% = \frac{0,5 \times 51}{251} \times 100\% = 10\%$

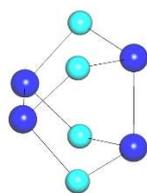
Разбалловка

Написание структурного фрагмента КМЦ – 1 балл. Уравнение реакции получения КМЦ – 2 балла.	3 6
Определение весового содержания карбоксиметильных групп – 2 балла, написание уравнения реакций или схем реакций – по 1 баллу (суммарно 5 баллов).	7 6
ИТОГО:	10 6

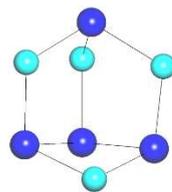
Задача №11-4

$\rho = \frac{1,66 \cdot M \cdot Z}{V}$, отсюда $M = 74,9$ – мышьяк

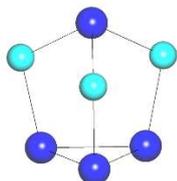




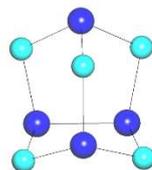
As(II)



As(III), As(II) и As(I)



As(III) и As(I) As(III) и As(II)



Разбалловка

Определение элемента X	1,5 б.
Написание уравнений реакций (2), (4)	2x1 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций (1), (3), (5) – (7)	5x0,5 б. = 2,5 б.
Написание формул сульфидов	4x1 б. = 4 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-5



Согласно химическому уравнению (1) выделяется углекислый газ. По условию задачи, сказано, что масса образца изменяется на 19 мас. %.

Значит, $w(\text{CO}_2) = 19\%$.

Тогда $m(\text{CO}_2) = 5 \cdot 0,19 = 0,95 \text{ г}$

2 балла

Энергию активации процесса рассчитываем по уравнению Вант-Гоффа:

$$E_a = \frac{RT_2T_1 \cdot \ln \frac{k_2}{k_1}}{T_2 - T_1} = \frac{8,314 \cdot 1143 \cdot 1073 \cdot \ln \frac{1,32 \cdot 10^{-4}}{3,1 \cdot 10^{-5}}}{1143 - 1073} = 211,215 \text{ кДж/моль.}$$

2 балла

$$k_3 = k_1 \cdot \exp \left[\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \right] = 3,1 \cdot 10^{-5} \cdot \exp \left[\frac{211,215}{8,314} \cdot \left(\frac{1}{1073} - \frac{1}{1200} \right) \right] = 3,79 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}.$$

2 балла

б) Энергия активации (п.4) составляет 211,215 кДж/моль, что больше 40 кДж/моль, следовательно, процесс лимитируется химической реакцией (кинетическая область реагирования).

1 балл

Задания экспериментального тура II (Заключительного) этапа 2018/19 уч. г

Задание 9 класса

Лаборант Василий хотел успеть на просмотр матча своей любимой футбольной команды, поэтому попросил своего друга Ивана приготовить растворы хлорида, иодида, нитрата, сульфида, сульфата, сульфита и карбоната натрия для лабораторных работ. Однако, придя на следующее утро в лабораторию, Василий обнаружил лишь семь пронумерованных колб и записку Ивана с пожеланием хорошего рабочего дня. Сложившаяся ситуация не испугала Василия, проявив смекалку и сообразительность и взяв с полки растворы перманганата калия, серной кислоты и нитрата свинца, он быстро установил какой из растворов находится в каждой из колб.

1. Заполните таблицу, отметив визуальные изменения при смешении растворов солей натрия с перманганатом калия, серной кислотой и нитратом свинца:

	NaCl	NaI	Na ₂ S	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₃	Na ₂ CO ₃
KMnO ₄							
H ₂ SO ₄							
Pb(NO ₃) ₂							

2. Напишите все возможные уравнения химических реакций, отвечающих выявленным в таблице визуальным эффектам (10 реакций)

3. Повторите опыт Василия и, используя имеющееся оборудование и реактивы, определите соответствие номеров пробирок в выданном вам наборе растворам приготовленных Иваном солей натрия.

Реактивы: растворы KMnO₄, H₂SO₄, Pb(NO₃)₂

Оборудование: штатив с пробирками, водяная баня

Задание 10 класса

Определение ацетона в водном растворе

Из продажи была изъята партия лекарственной субстанции, содержащей ацетон в количестве, превышающем норму. Ацетон является токсичным соединением, его прием внутрь может привести к тяжелым отравлениям, поэтому было важно установить точную концентрацию ацетона в растворе. Это задание было поручено лаборанту Василию, который хорошо знал, что определение ацетона в данном случае можно провести методом обратного иодометрического титрования. Он быстро приготовил стандартные растворы иода и тиосульфата натрия, а также другие вспомогательные реактивы, и определил концентрацию ацетона.

Реактивы: Na₂S₂O₃ (0.05M), I₂ (0.05M), NaOH (4M), HCl (5M), крахмал (1%).

Посуда: колба мерная (100 мл), бюретка (25 мл), пипетка на 10 и 20 мл, колба коническая (250 мл).

Методика выполнения работы.

Получите раствор ацетона неизвестной концентрации в мерной колбе на 100 мл, разбавьте его до метки дистиллированной водой и тщательно перемешайте. Укажите в листе ответов номер варианта выданного раствора. Заполните бюретку стандартным 0.05M раствором тиосульфата натрия.

В коническую колбу для титрования отберите пипеткой аликвоту 10 мл анализируемого раствора, прибавьте мерным цилиндром 5 мл 4M раствора гидроксида

натрия и 20 мл стандартного раствора иода с помощью пипетки, перемешайте содержимое колбы. Колбу закройте пробкой и оставьте на 10 мин в темном месте. Окраска иода со временем исчезает, и постепенно выделяется осадок белого или светло-желтого цвета. По истечении времени добавьте в колбу мерным цилиндром 5 мл 5М соляной кислоты, перемешайте. Приступайте к титрованию выделившегося иода тиосульфатом натрия. Титрование ведите до светло-желтой окраски раствора, затем прибавьте 1 мл раствора крахмала и продолжайте титрование до полного исчезновения синей окраски. Запишите объем раствора тиосульфата натрия, пошедший на титрование. Процедуру повторите до получения трех сходящихся результатов.

1. *Напишите уравнения двух химических реакций, лежащих в основе предложенной методики. Почему для определения ацетона нельзя использовать методику прямого титрования?*

2. *Титрование тиосульфатом натрия обычно проводят в нейтральной или слабокислой среде. Объясните, почему нежелательно проводить данное титрование в сильнокислой и в щелочной среде, приведите ионные уравнения реакций.*

3. *Из приведенного списка веществ выберите те, которые будут мешать определению концентрации ацетона по данной методике: этанол, бензол, бутанон-2, циклогексанон, гексан, формальдегид, уксусная кислота. Объясните ваш выбор, приведите уравнения реакций.*

4. *Проведите количественное определение ацетона, используя приведенную методику. На основании полученных данных рассчитайте массу ацетона (мг) в выданном вам растворе. Приведите в листе ответов данные титрования, расчет массы ацетона и конечные ответы.*

Задание 11 класса

Определение аскорбиновой и лимонной кислот в напитках

В состав большинства современных напитков входят органические кислоты, которые положительно влияют на организм человека, оказывая общеукрепляющее и тонизирующее действие, и, в том числе, обуславливают их вкусовые качества. В наибольшем количестве в соках и сокосодержащих продуктах присутствуют лимонная ($C_6H_8O_7$) и аскорбиновая ($C_6H_8O_6$) кислоты. Однако некоторые производители зачастую добавляют в напитки эти кислоты в количествах, превышающих норму, тем самым поставляя потребителям фальсифицированный товар.

В химическую лабораторию поступила партия предположительно фальсифицированного напитка, а лаборанту Василию было поручено провести контроль качества напитка титриметрическими методами. Василий выяснил, что концентрации лимонной и аскорбиновой кислот можно определять при совместном присутствии без предварительного разделения. Для определения суммы данных кислот он использовал метод кислотно-основного титрования, в котором аскорбиновая кислота титруется как одноосновная, а лимонная – как трехосновная. Содержание аскорбиновой кислоты Василий определил методом прямого иодометрического титрования, в котором окисление аскорбиновой кислоты иодом идет в соотношении 1 : 1, а затем по разнице рассчитал содержание лимонной кислоты.

Повторите эксперимент Василия – определите содержание аскорбиновой и лимонной кислот в выданном Вам модельном напитке.

Реактивы: I_2 (0.05M), NaOH (0.1M), H_2SO_4 (1M), фенолфталеин (0.1%), крахмал (1%).

Посуда: бюретка (25 мл), пипетка (10 мл), колба коническая (250 мл).

Методика выполнения работы

Получите модельный раствор напитка, содержащего аскорбиновую и лимонную кислоты. Укажите в листе ответов номер варианта выданного Вам напитка.

Определение суммы аскорбиновой и лимонной кислот. Заполните бюретку стандартным 0.1 М раствором гидроксида натрия. В коническую колбу для титрования отберите пипеткой аликвоту анализируемого напитка объемом 10 мл, прибавьте 2-3 капли раствора фенолфталеина. Проведите титрование раствором NaOH до появления малиновой окраски, не исчезающей в течение 30 с. Запишите объем раствора гидроксида натрия, затраченный на титрование. Процедуру повторите до получения трех сходящихся результатов.

Определение аскорбиновой кислоты. Слейте из бюретки раствор гидроксида натрия, промойте ее дистиллированной водой и заполните стандартным 0.05 М раствором иода. В коническую колбу для титрования отберите пипеткой аликвоту анализируемого напитка объемом 10 мл, добавьте мерным цилиндром 10 мл 1М раствора серной кислоты и 1 мл раствора крахмала. Приступайте к титрованию. Титрование ведите до появления синей окраски, не исчезающей в течение 1 мин. Запишите объем раствора иода, пошедший на титрование. Процедуру повторите до получения трех сходящихся результатов.

1. *Изобразите структурные формулы лимонной и аскорбиновой кислот. Учтите, что аскорбиновая кислота является лактоном и содержит пятичленный цикл. В структурной формуле аскорбиновой кислоты обозначьте звездочками асимметрические атомы углерода и установите количество стереоизомеров.*

2. *Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данной методики (3 реакции). Если Вам не удалось изобразить структурные формулы кислот, то при записи уравнений используйте их брутто-формулы.*

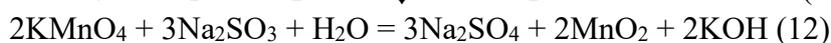
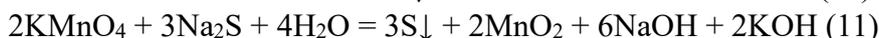
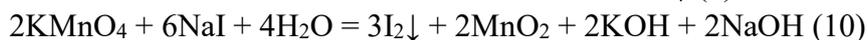
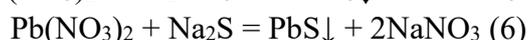
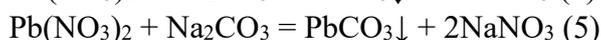
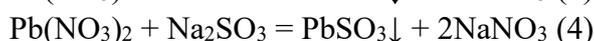
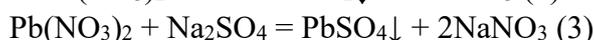
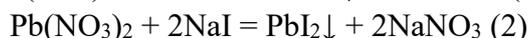
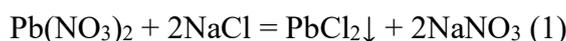
3. *Известно, что иод очень плохо растворим в чистой воде, что не позволяет приготовить 0.05М раствор. Какое вещество добавляют для увеличения растворимости иода? В какой форме преимущественно присутствует иод в полученном растворе (уравнение реакции)? Приведите уравнение реакции, которую можно использовать для стандартизации приготовленного раствора иода.*

4. *Проведите количественное определение лимонной и аскорбиновой кислот по методике, любезно предоставленной Василием. На основании полученных данных рассчитайте содержание (в г/л) аскорбиновой и лимонной кислот в выданном Вам растворе. Приведите в листе ответов данные титрования, расчет содержания кислот и конечные ответы.*

**Критерии оценивания заданий экспериментального тура
II (Заключительного) этапа 2018/19 уч.г.**

Решение задачи 9 класса

	NaCl	NaI	Na ₂ S	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₃	Na ₂ CO ₃
KMnO ₄	-	MnO ₂ ↓, I ₂ ↓ бурый	MnO ₂ ↓ бурый	-	-	MnO ₂ ↓ бурый	-
H ₂ SO ₄	-	-	H ₂ S↑	-	-	SO ₂ ↑	CO ₂ ↑
Pb(NO ₃) ₂	PbCl ₂ ↓ белый	PbI ₂ ↓ желтый	PbS↓ черный	-	PbSO ₄ ↓ белый	PbSO ₃ ↓ белый	PbCO ₃ ↓ белый



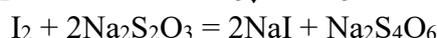
Разбалловка

Заполнение таблицы (12 эффектов реакций)	12x0,25 б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (10 реакций)*	10x1 б = 10 б.
Определение соответствия пробирок и веществ (7 пробирок)	7x1 б. = 7 б.
ИТОГО	10 б.

* В итоговую оценку входит только 10 правильно написанных уравнений реакций, несмотря на то, что у участников может быть написано больше. В случае перманганата калия засчитывается по одной реакции с каждым веществом. Например, если участник написал взаимодействие перманганата калия с иодидом натрия в нейтральной и кислой среде, то оценивается только одна из двух реакций.

Решение задачи 10 класса

1. Уравнения реакций:



Допускаются уравнения в ионном виде, а также реакции окисления ацетона продуктами диспропорционирования иода:

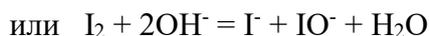


Прямое титрование не проводят, так как в этом случае реакция ацетона с иодом протекает медленно и не до конца, что затрудняет определение точки эквивалентности.

2. В сильноокислой среде происходит разложение тиосульфата натрия:



В щелочной среде иод диспропорционирует:



3. Определению ацетона будут мешать вещества, которые способны окисляться иодом или легко вступать в реакцию иодирования / иодоформную реакцию: этанол, бутанон-2, формальдегид:



4. Методика расчета массы ацетона:

Изначально в реакцию было введено количество иода $n(I_2)_{\text{общ}}$, если было взято 20 мл 0,05М раствора иода, то $n(I_2)_{\text{общ}} = C \times V = 0,05 \times 0,02 = 0,001$ моль)

После реакции с ацетоном (на нее ушло $n(I_2)_{\text{пр}}$) остался избыток иода ($n(I_2)_{\text{изб}}$), который прореагировал с тиосульфатом:

$$n(I_2)_{\text{изб}} = \frac{1}{2} n(Na_2S_2O_3) = \frac{1}{2} C(Na_2S_2O_3) \times V(Na_2S_2O_3)$$

$$n(I_2)_{\text{пр}} = n(I_2)_{\text{общ}} - n(I_2)_{\text{изб}}$$

$$n(CH_3COCH_3) = \frac{1}{3} n(I_2)_{\text{пр}} \quad (\text{в аликвоте})$$

$$m(CH_3COCH_3)_{\text{ал}} = n(CH_3COCH_3) \times M(CH_3COCH_3) = 58 n(CH_3COCH_3) \quad (\text{в аликвоте, грамм})$$

$$m(CH_3COCH_3)_{\text{общ}} = 10000 m(CH_3COCH_3)_{\text{ал}} \quad (\text{в выданной колбе, мг})$$

Вывод общих формул для расчета необязателен, участники могут делать

последовательные вычисления по уравнениям реакций. Оценивается только конечный ответ – масса ацетона в мг в выданном растворе. Однако при полном отсутствии расчетов и данных титрования (V) балл за точность снижается вдвое.

Разбалловка

Экспериментальная работа участника оценивается, исходя из относительной погрешности ($\Delta m/m_{\text{ист}}$, %) определения массы ацетона в мерной колбе, где $m_{\text{ист}}$ – истинное значение массы ацетона, Δm – разница между величиной, полученной участником, и истинным значением.

Расчет балла за точность ведется в соответствии с таблицей:

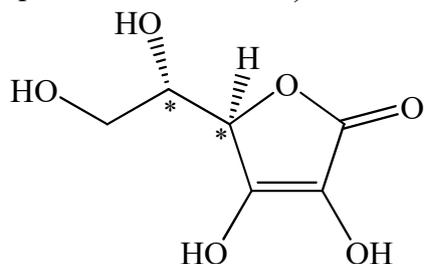
$\Delta m/m_{\text{ист}}$, %	Балл
0 – 5 %	13
6 – 8 %	11
9 – 12 %	9
13 – 15 %	7
15 – 30%	5
> 30%	1

Разбалловка

1	Уравнения реакций Объяснение про прямое титрование	2x16. = 2 б. 0,5 б.
2	Уравнения реакций Краткое объяснение	2x1 б. = 2 б. 0,5 б.
3	Правильный выбор веществ Уравнения реакций	0,5 б. 3x0,5 б. = 1,5 б.
4	Точность определения	От 1 до 13 баллов
	ИТОГО	20 б.

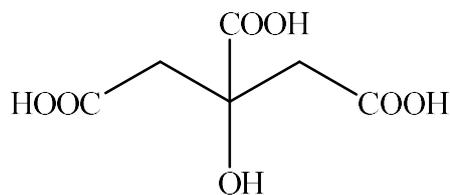
Решение задачи 11 класса

1. Структурные формулы кислот (с указанием асимметрических центров в аскорбиновой кислоте):



Аскорбиновая кислота

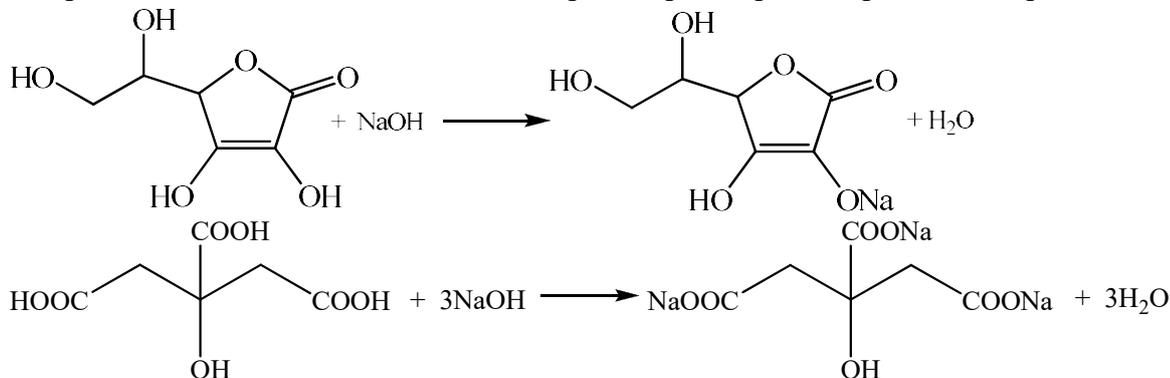
(γ -лактон 2,3-дегидро-*L*-гулоновой кислоты)



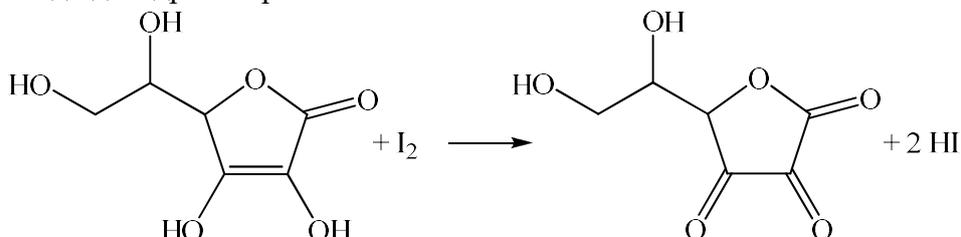
Лимонная кислота

В молекуле аскорбиновой кислоты имеется два асимметрических атома углерода, следовательно, количество ее стереоизомеров равно $2^2 = 4$.

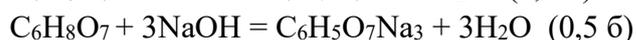
2. В основе метода кислотно-основного титрования лежат реакции нейтрализации аскорбиновой и лимонной кислот стандартным раствором гидроксида натрия:



При прямом иодометрическом титровании протекает реакция окисления аскорбиновой кислоты до дегидроаскорбиновой кислоты:



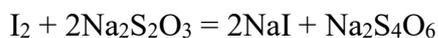
Если участник олимпиады не смог написать структурные формулы кислот, то допускается написание уравнений реакций с использованием брутто-формул, но в этом случае правильно написанные уравнения оцениваются вдвое меньшим количеством баллов:



3. Для увеличения растворимости иода в воде в раствор добавляют иодид калия, или другой растворимый иодид, который связывает иод в растворимый комплекс KI_3 :



Стандартизацию приготовленного раствора иода можно проводить по титрованному раствору тиосульфата натрия в присутствии крахмала, в основе данного метода лежит реакция:



4. При проведении расчетов сначала определяют концентрацию аскорбиновой кислоты по данным иодометрического титрования:

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = n(\text{I}_2) = C(\text{I}_2) \cdot V(\text{I}_2)$$

$$C(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 176 \cdot n(\text{I}_2) / 0.01 \quad (\text{в г/л})$$

Затем определяют содержание лимонной кислоты по данным кислотно-основного титрования:

$$n(\text{NaOH}) = 3n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) + n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = [n(\text{NaOH}) - n(\text{I}_2)] / 3$$

$$C(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = 192 \cdot [n(\text{NaOH}) - n(\text{I}_2)] / 0.03 \quad (\text{в г/л})$$

Вывод общих формул для расчета необязателен, участники могут делать последовательные вычисления по уравнениям реакций. Оценивается только конечный ответ – концентрации кислот в выданном растворе в г/л. Однако при полном отсутствии расчетов и данных титрования (V) балл за точность снижается вдвое.

Экспериментальная работа участника оценивается, исходя из относительной погрешности ($\Delta x/x_{\text{ист}}$, %) определения содержания каждой из кислот в выданном напитке (в г/л), где $x_{\text{ист}}$ – истинное значение концентрации кислоты, Δx – разница между величиной, полученной участником, и истинным значением.

Расчет балла за точность ведется в соответствии с таблицей отдельно для каждой из кислот:

$\Delta x/x_{\text{ист}}$, %	Балл
0 – 5 %	7
6 – 8 %	6
9 – 12 %	5
13 – 15 %	4
15 – 30%	2
> 30%	1

Разбалловка

1	Структурные формулы Обозначение хиральных центров Определение количества стереоизомеров	2x0,5 б. = 1 б. 0,5 б. 0,5 б.
2	Уравнения реакций	3x1 б. = 3 б.
3	Уравнения реакций	2x0,5 б. = 1 б.
4	Точность определения	От 1 до 14 баллов
	ИТОГО	20 б.

Задания интернет-тура I (отборочного) этапа 2018/19 уч. года

Интернет-тур проходил в режиме on-line с использованием электронной площадки <http://ege.psu.ru> Пермского государственного национального исследовательского университета. Время выполнения заданий – 3 часа.

Задания 9 класса

1. Ковалентные полярные связи присутствуют в следующих веществах:

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. H ₂ O | 4. Na ₂ S |
| 2. H ₂ | 5. OF ₂ |
| 3. Br ₂ | 6. NaHSO ₄ |

2. К химическим явлениям относится процесс:

- | | |
|--|--|
| 1. измельчение сахара до состояния пудры | 3. появление капель воды на крышке чайника |
| 2. превращение воды в лед | 4. горения древесины |

3. Какой металл присутствует в крови, имеющей красный цвет?

- | | |
|-------|-------|
| 1. Fe | 4. Cu |
| 2. Ni | 5. Co |
| 3. Zn | |

4. Хлорид металла X вступает в реакцию с сульфидом аммония, при этом образуется черный осадок, содержащий 35,16 % серы по массе.

Укажите название металла X и его степень окисления в осадке (например, натрий + I).

5. При смешении каких из представленных растворов образующийся осадок не растворяется в избытке реагентов?

- | | |
|--|---|
| 1. Pb(NO ₃) ₂ + KI | 4. ZnCl ₂ + 2NH ₃ ·H ₂ O |
| 2. AlCl ₃ + (NH ₄) ₂ S | 5. FeCl ₃ + NaOH (p-p) |
| 3. CrCl ₃ + NH ₃ ·H ₂ O | 6. Cu(NO ₃) ₂ + NaOH (конц.) |

6. Укажите возможные продукты реакции



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. K ₂ MnO ₄ | 4. KOH |
| 2. H ₂ SO ₄ | 5. K ₂ SO ₄ |
| 3. MnO ₂ | 6. MnSO ₄ |

7. В результате какой реакции образуется черный осадок?

- | | |
|--|---|
| 1. Cd(NO ₃) ₂ + (NH ₄) ₂ S | 3. ZnCl ₂ + H ₂ S |
| 2. Cu(NO ₃) ₂ + Na ₂ S | 4. FeCl ₃ + NaOH |

8. Массовая доля кислорода в силикате магния равна:

- | | |
|--------|--------|
| 1. 16% | 3. 36% |
| 2. 24% | 4. 48% |

9. Алюмотермией называется процесс:

1. горения алюминия в кислороде
2. получение металлов из их оксидов при взаимодействии с алюминием
3. разложение гидроксида алюминия
4. получение алюминия из боксит

10. К 100 г 10%-ного раствора нитрата серебра прибавили избыток раствора хлорида натрия. Вычислите массу образовавшегося осадка. Ответ дайте в граммах, округлив их до сотых (например, 20,12).

11.1. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В. Назовите А (например, хлорид натрия).

11.2. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В. Назовите В (например, хлорид натрия).

11.3. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В. Определите массовую долю (в %) А в растворе. Результат округлите до десятых (например, 2,3)

11.4. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В. Определите массовую долю (в %) В в растворе. Результат округлите до десятых (например, 2,3)

12.1. При обработке 3,15 г смеси серы и фосфора избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании выделилось 12,32 л (н.у.) бурого газа, который был пропущен через 474,7 г 6,5% раствора гидроксида калия. Образовавшийся раствор содержал несколько веществ, среди которых – Х и У. Известно, что при термическом разложении вещества Х образуется У.

Определите массовую долю серы (в %) в исходной смеси. Ответ округлите до десятых (например, 11,0).

12.2. При обработке 3,15 г смеси серы и фосфора избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании выделилось 12,32 л (н.у.) бурого газа, который был пропущен через 474,7 г 6,5% раствора гидроксида калия. Образовавшийся раствор содержал несколько

веществ, среди которых – X и Y. Известно, что при термическом разложении вещества X образуется Y.

Назовите вещество X (например, хлорид натрия).

12.3. При обработке 3,15 г смеси серы и фосфора избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании выделилось 12,32 л (н.у.) бурого газа, который был пропущен через 474,7 г 6,5% раствора гидроксида калия. Образовавшийся раствор содержал несколько веществ, среди которых – X и Y. Известно, что при термическом разложении вещества X образуется Y.

Определите массовую долю (в %) вещества X в образовавшемся растворе. Ответ округлите до десятых (например, 2,3).

12.4. При обработке 3,15 г смеси серы и фосфора избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании выделилось 12,32 л (н.у.) бурого газа, который был пропущен через 474,7 г 6,5% раствора гидроксида калия. Образовавшийся раствор содержал несколько веществ, среди которых – X и Y. Известно, что при термическом разложении вещества X образуется Y.

Определите массу воды в образовавшемся растворе. Ответ округлите до десятых (например, 14,2).

13.1. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Сколько молекул воды содержится в горькой соли, если она представляет собой кристаллогидрат сульфата магния с массовой долей последнего 48,78%?

13.2. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Какова молярная концентрация сульфата магния в растворе, полученном при растворении горькой соли? Плотность раствора примите равной за $1,168 \text{ г/см}^3$, ответ округлите до десятых (например, 6,7).

13.3. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Рассчитайте массу (в г) выпавшего после добавления раствора BaCl_2 осадка. Ответ округлите до десятых (например, 1,3).

13.4. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Какую массу (в г) гексагидрата хлорида магния можно получить при выпаривании раствора, полученного после отделения полученного осадка. Ответ округлите до десятых (например, 143,2).

14.1. Юный химик осуществил цепочку превращений. К бинарному соединению меди с кислородом морковного цвета (вещество А) он добавил концентрированную серную кислоту, получив соль X_1 . К водному раствору X_1 юный химик добавил раствор хлорида бария. В результате образовался осадок, а в растворе осталось вещество X_2 . При добавлении к полученному раствору концентрированного раствора гидроксида калия сначала выпал осадок, который растворился с образованием раствора вещества X_3 . Добавив к раствору

вещества X3 раствор азотсодержащего бинарного соединения X4 при небольшом нагревании юному химику удалось снова получить осадок вещества А.

Назовите вещество X1 (например, хлорид бария).

14.2. Юный химик осуществил цепочку превращений. К бинарному соединению меди с кислородом морковного цвета (вещество А) он добавил концентрированную серную кислоту, получив соль X1. К водному раствору X1 юный химик добавил раствор хлорида бария. В результате образовался осадок, а в растворе осталось вещество X2. При добавлении к полученному раствору концентрированного раствора гидроксида калия сначала выпал осадок, который растворился с образованием раствора вещества X3. Добавив к раствору вещества X3 раствор азотсодержащего бинарного соединения X4 при небольшом нагревании юному химику удалось снова получить осадок вещества А.

Назовите вещество X2 (например, хлорид бария).

14.3. Юный химик осуществил цепочку превращений. К бинарному соединению меди с кислородом морковного цвета (вещество А) он добавил концентрированную серную кислоту, получив соль X1. К водному раствору X1 юный химик добавил раствор хлорида бария. В результате образовался осадок, а в растворе осталось вещество X2. При добавлении к полученному раствору концентрированного раствора гидроксида калия сначала выпал осадок, который растворился с образованием раствора вещества X3. Добавив к раствору вещества X3 раствор азотсодержащего бинарного соединения X4 при небольшом нагревании юному химику удалось снова получить осадок вещества А.

Назовите вещество X3 (например, хлорид бария).

14.4. Юный химик осуществил цепочку превращений. К бинарному соединению меди с кислородом морковного цвета (вещество А) он добавил концентрированную серную кислоту, получив соль X1. К водному раствору X1 юный химик добавил раствор хлорида бария. В результате образовался осадок, а в растворе осталось вещество X2. При добавлении к полученному раствору концентрированного раствора гидроксида калия сначала выпал осадок, который растворился с образованием раствора вещества X3. Добавив к раствору вещества X3 раствор азотсодержащего бинарного соединения X4 при небольшом нагревании юному химику удалось снова получить осадок вещества А.

Назовите вещество X4 (например, хлорид бария).

15.1. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C. При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Чему равно давление газовой смеси при 547°C? Ответ запишите в МПа и округлите до десятых (например, 4,5).

15.2. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C. При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Найдите массу азота (в г) в реакционной смеси при 547°C. Ответ запишите с точностью до сотых (например, 0,98).

15.3. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C. При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Рассчитайте концентрацию аммиака (в моль/л) в газовой смеси при 547°C. Ответ запишите с точностью до десятых (например, 3,6).

15.4. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C. При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Определите константу равновесия (в ммоль²/л²) для реакции разложения аммиака при 546°C. Ответ округлите до целых (например, 15).

Задания 10 класса

1. Ковалентные полярные связи присутствуют в следующих веществах:

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. H ₂ O | 4. Na ₂ S |
| 2. H ₂ | 5. OF ₂ |
| 3. Br ₂ | 6. NaHSO ₄ |

2. К химическим явлениям относится процесс:

- | | |
|--|--|
| 1. образования кристаллов сахара при длительном хранении варенья | 3. получение кислорода из пероксида водорода |
| 2. растворение кислорода в воде | 4. сжижения газообразного азота |

3. Какой металл присутствует в крови, имеющей голубую окраску?

- | | |
|-------|-------|
| 1. Fe | 4. Cu |
| 2. Ni | 5. Co |
| 3. Zn | |

4. Хлорид металла X вступает в реакцию с сульфидом аммония, при этом образуется белый осадок, содержащий 33,00 % серы по массе.

Укажите название металла X и его степень окисления в осадке (например, натрий +1).

5. При смешении каких из представленных растворов образующийся осадок не растворяется в избытке реагентов?

- | | |
|--|---|
| 1. Pb(NO ₃) ₂ + KI | 4. ZnCl ₂ + 2NH ₃ ·H ₂ O |
| 2. AlCl ₃ + (NH ₄) ₂ S | 5. FeCl ₃ + NaOH (p-p) |
| 3. CrCl ₃ + NH ₃ ·H ₂ O | 6. Cu(NO ₃) ₂ + NaOH (конц.) |

6. Укажите возможные продукты реакции



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. K ₂ MnO ₄ | 4. KOH |
| 2. H ₂ SO ₄ | 5. K ₂ SO ₄ |
| 3. MnO ₂ | 6. MnSO ₄ |

7. Сколько монохлорпроизводных можно получить при хлорировании триптана (2,2,3-триметилбутан)?

- | | |
|------|------|
| 1. 1 | 3. 3 |
| 2. 2 | 4. 4 |

8. Определите формулу гипса, если известно, что в его состав входит 20,93% воды.:

- | | |
|---|---|
| 1. CaSO ₄ ·0,5H ₂ O | 3. CaSO ₄ ·2H ₂ O |
| 2. CaSO ₄ ·H ₂ O | 4. 2CaSO ₄ ·H ₂ O |

9. Сколько изомерных октанов целесообразно получать реакцией Вюрца?

- | | |
|------|------|
| 1. 2 | 3. 7 |
| 2. 4 | 4. 9 |

10. Углеводород, в молекуле которого суммарная масса всех атомов водорода равна суммарной массе всех атомов углерода, имеет формулу ...

В ответе укажите формулу углеводорода (например, C_2H_6).

11.1. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В.

Назовите А (например, хлорид натрия).

11.2. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В.

Назовите В (например, хлорид натрия).

11.3. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В.

Определите массовую долю (в %) А в растворе. Результат округлите до десятых (например, 2,3)

11.4. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В.

Определите массовую долю (в %) В в растворе. Результат округлите до десятых (например, 2,3)

12.1. При обработке 3,15 г смеси серы и фосфора избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании выделилось 12,32 л (н.у.) бурого газа, который был пропущен через 474,7 г 6,5% раствора гидроксида калия. Образовавшийся раствор содержал несколько веществ, среди которых – Х и У. Известно, что при термическом разложении вещества Х образуется У.

Определите массовую долю серы (в %) в исходной смеси. Ответ округлите до десятых (например, 11,0).

12.2. При обработке 3,15 г смеси серы и фосфора избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании выделилось 12,32 л (н.у.) бурого газа, который был пропущен через 474,7 г 6,5% раствора гидроксида калия. Образовавшийся раствор содержал несколько веществ, среди которых – Х и У. Известно, что при термическом разложении вещества Х образуется У.

Назовите вещество Х (например, хлорид натрия).

12.3. При обработке 3,15 г смеси серы и фосфора избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании выделилось 12,32 л (н.у.) бурого газа, который был пропущен через 474,7 г 6,5% раствора гидроксида калия. Образовавшийся раствор содержал несколько веществ, среди которых – X и Y. Известно, что при термическом разложении вещества X образуется Y.

Определите массовую долю (в %) вещества X в образовавшемся растворе. Ответ округлите до десятых (например, 2,3).

12.4. При обработке 3,15 г смеси серы и фосфора избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании выделилось 12,32 л (н.у.) бурого газа, который был пропущен через 474,7 г 6,5% раствора гидроксида калия. Образовавшийся раствор содержал несколько веществ, среди которых – X и Y. Известно, что при термическом разложении вещества X образуется Y.

Определите массу воды в образовавшемся растворе. Ответ округлите до десятых (например, 14,2).

13.1. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Сколько молекул воды содержится в горькой соли, если она представляет собой кристаллогидрат сульфата магния с массовой долей последнего 48,78%?

13.2. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Какова молярная концентрация сульфата магния в растворе, полученном при растворении горькой соли? Плотность раствора примите равной за $1,168 \text{ г/см}^3$, ответ округлите до десятых (например, 6,7).

13.3. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Рассчитайте массу (в г) выпавшего после добавления раствора BaCl_2 осадка. Ответ округлите до десятых (например, 1,3).

13.4. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Какую массу (в г) гексагидрата хлорида магния можно получить при выпаривании раствора, полученного после отделения полученного осадка. Ответ округлите до десятых (например, 143,2).

14.1. При гидролизе неизвестного органического соединения в присутствии щелочи в качестве одного из продуктов получили этиловый спирт, масса которого составила 62% от массы исходного вещества.

Определите класс исходного вещества.

14.2. При гидролизе неизвестного органического соединения в присутствии щелочи в качестве одного из продуктов получили этиловый спирт, масса которого составила 62% от массы исходного вещества.

Определите молярную массу исходного вещества.

14.3. При гидролизе неизвестного органического соединения в присутствии щелочи в качестве одного из продуктов получили этиловый спирт, масса которого составила 62% от массы исходного вещества.

Назовите второй продукт реакции гидролиза по номенклатуре ИЮПАК.

Определите молярную массу исходного вещества.

14.4. При гидролизе неизвестного органического соединения в присутствии щелочи в качестве одного из продуктов получили этиловый спирт, масса которого составила 62% от массы исходного вещества.

Назовите исходное вещество по номенклатуре ИЮПАК.

15.1. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C. При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Чему равно давление газовой смеси при 547°C? Ответ запишите в МПа и округлите до десятых (например, 4,5).

15.2. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C. При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Найдите массу азота (в г) в реакционной смеси при 547°C. Ответ запишите с точностью до сотых (например, 0,98).

15.3. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C. При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Рассчитайте концентрацию аммиака (в моль/л) в газовой смеси при 547°C. Ответ запишите с точностью до десятых (например, 3,6).

15.4. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C. При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Определите константу равновесия (в ммоль²/л²) для реакции разложения аммиака при 546°C. Ответ округлите до целых (например, 15).

Задания 11 класса

1. Ковалентные полярные связи присутствуют в следующих веществах:

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. H ₂ O | 4. Na ₂ S |
| 2. H ₂ | 5. OF ₂ |
| 3. Br ₂ | 6. NaHSO ₄ |

2. К химическим явлениям относится процесс:

- | | |
|--|--|
| 1. Измельчение сахара до состояния пудры | 3. Появление капель воды на крышке чайника |
| 2. Горения древесины | 4. Растворение кислорода в воде |

3. Какой металл присутствует в крови, имеющей зеленую окраску?

- | | |
|-------|-------|
| 1. Fe | 4. Cu |
| 2. Ni | 5. Co |
| 3. Zn | |

4. Хлорид металла X вступает в реакцию с сульфидом аммония, при этом образуется белый осадок, содержащий 33,00 % серы по массе.

Укажите название металла X и его степень окисления в осадке (например, натрий +1).

5. При смешении каких из представленных растворов образующийся осадок не растворяется в избытке реагентов?

- | | |
|---|--|
| 1. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI}$ | 4. $\text{ZnCl}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ |
| 2. $\text{AlCl}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S}$ | 5. $\text{FeCl}_3 + \text{NaOH}$ (p-p) |
| 3. $\text{CrCl}_3 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 6. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaOH}$ (конц.) |

6. Укажите возможные продукты реакции



- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. K_2MnO_4 | 4. KOH |
| 2. H_2SO_4 | 5. K_2SO_4 |
| 3. MnO_2 | 6. MnSO_4 |

7. Сколько моноклорпроизводных можно получить при хлорировании триптана (2,2,3-триметилбутан)?

- | | |
|------|------|
| 1. 1 | 3. 3 |
| 2. 2 | 4. 4 |

8. Массовая доля воды в кристаллической соде (декагидрат карбоната натрия) равна:

- | | |
|----------|----------|
| 1. 6,4% | 3. 21,4% |
| 2. 62,9% | 4. 68,4% |

9. Какие соединения могут образовывать водородные связи?

- | | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| 1. HCOOH | 3. CH_3OH |
| 2. CH_3OCH_3 | 4. $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ |

10. Углеводород, в молекуле которого суммарная масса всех атомов водорода равна суммарной массе всех атомов углерода, имеет формулу ...

В ответе укажите формулу углеводорода (например, C_2H_6).

11.1. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В.

Назовите А (например, хлорид натрия).

11.2. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В.

Назовите В (например, хлорид натрия).

11.3. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19,36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В.

Определите массовую долю (в %) А в растворе. Результат округлите до десятых (например, 2,3)

11.4. К смеси дигидрофосфата калия, гидрофосфата калия и фосфата калия общей массой 19.36 г (молярное соотношение солей 3:2:1 в порядке перечисления) добавили 200 г 2,8%-ного раствора гидроксида калия. В результате образовался водный раствор только двух веществ А и В. Известно, что молярная масса А больше, чем В.

Определите массовую долю (в %) В в растворе. Результат округлите до десятых (например, 2,3)

12.1. Карбид кальция, содержащий 20% примесей, ввели в двухстадийный синтез, в результате которого было получено 20 кг 20% раствора альдегида. Выход продукта на каждом этапе – 80% (по массе).

Назовите продукт первой стадии синтеза.

12.2. Карбид кальция, содержащий 20% примесей, ввели в двухстадийный синтез, в результате которого было получено 20 кг 20% раствора альдегида. Выход продукта на каждом этапе – 80% (по массе).

Напишите количество атомов в продукте второй стадии.

12.3. Карбид кальция, содержащий 20% примесей, ввели в двухстадийный синтез, в результате которого было получено 20 кг 20% раствора альдегида. Выход продукта на каждом этапе – 80% (по массе).

Вычислите массу чистого карбида кальция (кг). Ответ округлите до десятых (например, 1,1).

12.4. Карбид кальция, содержащий 20% примесей, ввели в двухстадийный синтез, в результате которого было получено 20 кг 20% раствора альдегида. Выход продукта на каждом этапе – 80% (по массе).

Вычислите массу технического карбида кальция (кг). Ответ округлите до десятых (например, 1,1).

13.1. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Сколько молекул воды содержится в горькой соли, если она представляет собой кристаллогидрат сульфата магния с массовой долей последнего 48,78%?

13.2. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Какова молярная концентрация сульфата магния в растворе, полученном при растворении горькой соли? Плотность раствора примите равной за $1,168 \text{ г/см}^3$, ответ округлите до десятых (например, 6,7).

13.3. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Рассчитайте массу (в г) выпавшего после добавления раствора BaCl_2 осадка. Ответ округлите до десятых (например, 1,3).

13.4. 15 г горькой соли растворили в 100 г воды и добавили раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка.

Какую массу (в г) гексагидрата хлорида магния можно получить при выпаривании раствора, полученного после отделения полученного осадка. Ответ округлите до десятых (например, 143,2).

14.1. При гидролизе неизвестного органического соединения в присутствии щелочи в качестве одного из продуктов получили этиловый спирт, масса которого составила 62% от массы исходного вещества.

Определите класс исходного вещества.

14.2. При гидролизе неизвестного органического соединения в присутствии щелочи в качестве одного из продуктов получили этиловый спирт, масса которого составила 62% от массы исходного вещества.

Определите молярную массу исходного вещества.

14.3. При гидролизе неизвестного органического соединения в присутствии щелочи в качестве одного из продуктов получили этиловый спирт, масса которого составила 62% от массы исходного вещества.

Назовите второй продукт реакции гидролиза по номенклатуре ИЮПАК.

Определите молярную массу исходного вещества.

14.4. При гидролизе неизвестного органического соединения в присутствии щелочи в качестве одного из продуктов получили этиловый спирт, масса которого составила 62% от массы исходного вещества.

Назовите исходное вещество по номенклатуре ИЮПАК.

15.1. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C . При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Чему равно давление газовой смеси при 547°C ? Ответ запишите в МПа и округлите до десятых (например, 4,5).

15.2. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C . При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Найдите массу азота (в г) в реакционной смеси при 547°C . Ответ запишите с точностью до сотых (например, 0,98).

15.3. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C . При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Рассчитайте концентрацию аммиака (в моль/л) в газовой смеси при 547°C . Ответ запишите с точностью до десятых (например, 3,6).

15.4. Аммиак, массой 1,7 г закачали в замкнутый термостатируемый сосуд объемом 100 мл при 0°C . При нагревании до 547°C давление в сосуде увеличилось в 3,3 раза.

Определите константу равновесия (в $\text{ммоль}^2/\text{л}^2$) для реакции разложения аммиака при 546°C . Ответ округлите до целых (например, 15).

Критерии оценивания заданий интернет-тура I (отборочного) этапа 2018/19 уч. года

Задания 9 класса

№	Баллы	Варианты ответа					
		1	2	3	4	5	6
1	6	X				X	X
2	4				X		
3	4	X					
4	6	Никель +2					
5	6		X	X		X	
6	6			X	X	X	
7	4		X				
8	6				X		
9	4		X				
10	6	8,44					
11.1	4	фосфат калия или ортофосфат калия					
11.2	4	гидрофосфат калия или гидроортофосфат калия					
11.3	4	5,8					
11.4	4	4,8					
12.1	4	51,0					
12.2	4	нитрат калия					
12.3	4	5,6					
12.4	4	448,6					
13.1	4	7					
13.2	4	0,6					
13.3	4	14,2					
13.4	4	12,4					
14.1	4	сульфат меди (II)					
14.2	4	хлорид меди (II)					
14.3	4	тетрагидроксокупрат (II) калия					
14.4	4	гидразин или диамид					
15.1	4	7,5					
15.2	4	0,14					
15.3	4	0,9					
15.4	4	208 (от 196 до 220 засчитывать)					
ИТОГО	132						

Задания 10 класса

№	Баллы	Варианты ответа					
		1	2	3	4	5	6
1	6	X				X	X
2	4			X			
3	4				X		
4	6	Цинк +2					
5	6		X	X		X	
6	6					X	X
7	4			X			
8	6			X			
9	4		X				
10	6	СТ4					
11.1	4	фосфат калия или ортофосфат калия					
11.2	4	гидрофосфат калия или гидроортофосфат калия					
11.3	4	5,8					
11.4	4	4,8					
12.1	4	51,0					
12.2	4	нитрат калия					
12.3	4	5,6					
12.4	4	448,6					
13.1	4	7					
13.2	4	0,6					
13.3	4	14,2					
13.4	4	12,4					
14.1	4	сложный эфир					
14.2	4	74					
14.3	4	Муравьиная кислота или метановая кислота					
14.4	4	Этилформиат или этиловый эфир муравьиной кислоты					
15.1	4	7,5					
15.2	4	0,14					
15.3	4	0,9					
15.4	4	208 (от 196 до 220 засчитывать)					
ИТОГО	132						

Задания 11 класса

№	Баллы	Варианты ответа					
		1	2	3	4	5	6
1	6			X			X
2	4		X				
3	4	X					
4	6	Цинк +2					
5	6		X	X		X	
6	6	X				X	
7	4			X			
8	6		X				
9	4	X		X	X		
10	6	СТ4					
11.1	4	фосфат калия или ортофосфат калия					
11.2	4	гидрофосфат калия или гидроортофосфат калия					
11.3	4	5,8					
11.4	4	4,8					
12.1	4	Ацетилен или этин					
12.2	4	7					
12.3	4	9,0 – 9,4					
12.4	4	11,0 – 11,7					
13.1	4	7					
13.2	4	0,6					
13.3	4	14,2					
13.4	4	12,4					
14.1	4	сложный эфир					
14.2	4	74					
14.3	4	Муравьиная кислота или метановая кислота					
14.4	4	Этилформиат или этиловый эфир муравьиной кислоты					
15.1	4	7,5					
15.2	4	0,14					
15.3	4	0,9					
15.4	4	208 (от 196 до 220 засчитывать)					
ИТОГО	132						

Ректор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», председатель оргкомитета Многопредметной олимпиады «Юные таланты», д.физ.-мат.н.


И.Ю. Макарихин
